# ÉTUDE COMPARATIVE CONCERNANT LA FIABILITÉ ET LA SÉCURITÉ DES AÉRONEFS DE NOUVELLE GÉNÉRATION DE TYPE MONOMOTEUR TURBOPROPULSÉ VERSUS LES AÉRONEFS BIMOTEURS À PISTONS ET BIMOTEURS TURBOPROPULSÉS À HÉLICES

**Par**

**Aouni A. Lakis, Professeur**

**Département de génie mécanique**
**École Polytechnique de Montréal**

**Préparée pour**

**MTQ-SSSG-01-03**

**Soumise par**

**C.D.T. P2873**

**VERSION FINALE**

# ÉTUDE COMPARATIVE CONCERNANT LA FIABILITÉ ET LA SÉCURITÉ DES AÉRONEFS DE NOUVELLE GÉNÉRATION DE TYPE MONOMOTEUR TURBOPROPULSÉ VERSUS LES AÉRONEFS BIMOTEURS À PISTONS ET BIMOTEURS TURBOPROPULSÉS À HÉLICES

PAR

**Aouni A. Lakis, Professeur**

Département de génie mécanique
École Polytechnique
Campus de l'Université de Montréal
C.P. 6079, Succ. Centre-Ville
Montréal (Québec)
H3C 3A7
aouni.lakis@polymtl.ca

Préparée pour

**MTQ-SSSG-01-03**

VERSION FINALE

**Ministère des Transports du Québec**
Direction du Transport maritime, aérien et ferroviaire
700, boul. René-Lévesque Est
24e étage, Québec (Québec)
G1R 5H1

**Secrétariat du Conseil du Trésor**
Sous-secrétariat aux services gouvernementaux
1500 Jean-Talon Nord
Québec (Québec)
G1N 4T5

Soumise par

**Centre de Développement Technologique (C.D.T)**
École Polytechnique de Montréal

Mars 2003

**Aouni A. Lakis, Professeur**
Chargé de projet et responsable scientifique de l'étude

# ÉQUIPE

Je tiens à remercier tous les membres de l'équipe pour leur dévouement et leur persévérance tout au long de ce projet:

- M. **Salvator Birikundavyi**, ing., M.Sc.A., Ph. D., Département de génie mécanique, École Polytechnique;
- M. **Marc Langelier**, Directeur du CQFA (Centre Québécois de Formation en Aéronautique), Cégep de Chicoutimi, Chicoutimi, Québec;
- M. **Trevor R. Owen**, ing., M.A., Transport Canada (89-2002), Ottawa, Ontario;
- M. **Gheorghe Bursuc**, ing., M.Sc.A., Département de génie mécanique, École Polytechnique.

**Aouni A. Lakis**
Responsable du projet

# SOMMAIRE EXÉCUTIF

**L'autorisation de vols commerciaux SEIFR[1] en 1996 par Transports Canada a soulevé commentaires et objections chez un bon nombre d'opérateurs et utilisateurs. Très souvent, cependant, ces commentaires faisaient abstraction du fait qu'*autoriser des opérations SEIFR ne convertit pas un aéronef pour des opérations en toutes conditions météorologiques et n'autorise pas son utilisation pour n'importe quelle opération, sans restrictions.* Six ans plus tard, les données disponibles permettent d'évaluer l'impact de cette réglementation.**

**Dans cette étude, nous avons passé en revue les caractéristiques et performances des aéronefs ciblés et démontré que les monomoteurs certifiés FAR[2] Part 23 (Pilatus PC-12, Cessna 208 et Socata TBM-700) avaient des performances comparables à celles des bimoteurs de cette catégorie (BE-90 et BE-100 ; PA-31). Pour le Pilatus PC-12, en particulier, les performances étaient même légèrement supérieures à celles des bimoteurs identifiés.**

**L'analyse de la fiabilité des groupes motopropulseurs et des rapports accidents/incidents nous a permis de conclure que *l'on ne pouvait affirmer hors de tout doute que les bimoteurs identifiés étaient plus sécuritaires que les monomoteurs ciblés*. Ces résultats, conjugués à l'analyse des infrastructures aéroportuaires et des opinions des opérateurs et utilisateurs, nous ont permis d'arriver aux conclusions suivantes :**

1. **nous recommandons l'utilisation du PC-12 par le SAG pour ses opérations, et ce en mode "location de service" car le risque présenté par cet aéronef est gérable sur tout le territoire québécois pour autant que l'environnement opérationnel soit bien défini :**
   - **a) au sud du 50^e^ parallèle, le risque présenté par une panne de moteur est négligeable en raison de la présence de nombreux aérodromes ;**
   - **b) les opérations avec des aéronefs monomoteurs dans le Grand Nord Québécois (au nord du 50^e^ parallèle) devraient respecter un ensemble de routes préétablies (voir 4.4.2) ;**

2. **la présence de deux pilotes à bord devrait être obligatoire et non un pilote et un pilote automatique ;**

3. **nous ne recommandons pas l'utilisation du TBM-700 et du Cessna 208B, Grand Caravan, par le Service aérien gouvernemental pour les raisons suivantes :**

---

[1] SEIFR – Single Engine Instruments Flight Rules
[2] FAR – Federal Aviation Regulations

**a) leur faible rayon d'action ;**
**b) leur faible rayon de planage (taux de planage : 1,66 nm/1000 pi et 2,3 nm/1000 pi, respectivement) ;**
**c) leur faible puissance à l'arbre (700 SHP et 675 SHP, respectivement) ;**

**4. relativement à la maintenance des aéronefs et l'environnement opérationnel, nous ne prévoyons pas de recommandations d'entretien spécifiques pour les monomoteurs ; par contre, les règles d'entretien de Transports Canada concernant tous les aéronefs devraient être exécutées convenablement ; aussi, la formation et l'expérience des pilotes devraient occuper une place importante dans l'évaluation de l'environnement opérationnel (voir 2.4) ;**

**5. au cours de cette étude, quelques difficultés ont été rencontrées au niveau de la liste globale des aérodromes (répertoriés et/ou privés) et des campements disponibles dans le Grand Nord québécois. Nous suggérons donc qu'un effort de mise à jour de cette information soit entamé. Elle faciliterait sans aucun doute la gestion de risque.**

**Finalement, ces recommandations sont aussi valables pour tout autre territoire, pour autant qu'un environnement opérationnel respectant les limitations indiquées soit mis en place.**

# REMERCIEMENTS

**A** Je voudrais d'abord remercier Mme **Lucy Wells**, secrétaire associée, sous-secrétariat aux services gouvernementaux, Conseil du Trésor et M. **Jean Couture**, Sous-ministre adjoint à la Direction générale des politiques de la sécurité en transport, de nous avoir fait confiance tout au long de ce projet.

Je tiens aussi à remercier M**. Rémy Normand**, adjoint au bureau de la secrétaire associée, de ses efforts et son assiduité tout au long de nos discussions avant et après l'attribution de ce mandat.

Nos remerciements vont aussi à M. **Michel Gagnon**, Directeur général, SAG (Service Aérien Gouvernemental), M. **Roger Ledoux**, chef de service, Transport Maritime, Aérien et Ferroviaire et M. **Denis Simard**, analyste en Transport, de nous avoir aidé durant ce mandat en nous fournissant toute l'information nécessaire pour l'accomplissement de ce travail.

J'aimerais aussi remercier M. **Christophe Guy**, Directeur de la recherche et de l'innovation à l'Ecole Polytechnique, ainsi que M. **Michel Deschambault** du B.R.C.D.T. pour leur appui et leur support.

Finalement, j'aimerais remercier nos étudiants gradués ainsi que les collaborateurs de M. **Marc Langelier** du C.Q.F.A.

**B** Tout au long de ce travail, nous avons demandé et/ou échangé des informations, des données, des opinions avec des gens de tous les niveaux et de toutes les spécialités. Nous tenons à les remercier tous de leur patience envers nous et envers cette étude.
Les voici :

1. **Motoriste** : Pratt & Whitney Canada Cie. (P&WC), (M. **André Goossens**, **Paola Del Grande**, **Giovanni Mulas** et **William E. Smith**)
2. **Bureau de la Sécurité de Transport** (BST), Canada, (M. **Mike Muirhead** et M. **Millen Anthony**)

3. **Transport Canada** (M. **Bill Taylor**, acting chief, Continuing Aircraft Certification Branch

4. **Manufacturiers :**

- Beech/Raethon Aircraft Corp. (**Martin Tuck**, Manager, Wiechita, KS)
- Cessna Aircraft Company (**Steven K. Charles,** Wiechita, KS)
- Pilatus (**D. Wodraska**, Broomfield, Co.; **M. Bussard**, Denver, Co.; **R. Bodenehr** et **M. Grangier**, Genève, Suisse)
- Piper Aircraft Inc. (**Bob Matheus**, Vero Beach, Fl.)

5. **Opérateurs et utilisateurs :**

- Aeropro, Qc (**F. Vachon**)
- Aviation Québec Labrador, Qc. (**M. Michailidis**)
- Decair, Qc (**T. Levasseur**)
- Gendarmerie Royale du Canada (**J. McNair**, **C. Williams** et **J. Pilon**)
- HydroOne, Ontario (**J. Kirkpatrick**)
- Native Air, Qc. (**B. Irvin**)
- Ontario Government (**Ron Maxwell**)
- Ontario Provincial Police (**G. Leslie**, Captain et **D. Bolen**, Chief Pilot)
- Pascan Aviation Inc. (**S. Charron**)
- Propair, Québec, Qc. (**Pierre Alexandre Senechal**)
- R.J.M. Aviation ltd. (Airsprint) (**J.J. Macor**)
- Royal Flying Doctor Service, Australia (**P. Tippett**)
- Service Aérien Gouvernemental (**Gilbert D’Amours**)
- Share Plane, Alt. (**E. Weisskapt**)
- V. Kelner Pilatus Center Inc. (**C. Heyer**)
- Wasaya Airways LP (**P.M. Distey**)

# TABLE DES MATIÈRES

Page

## ABRÉVIATIONS ET SIGLES

| | |
|---|---|
| $\lambda$ | - Taux de bris |
| $\lambda^*$ | - Taux d’extinction volontaire du deuxième moteur lorsque l’autre est en panne |
| e | = 2,718281828 |
| (703-704) | - RAC 703: exploitation d’un taxi aérien – RAC 704: exploitation d'un service aérien de navette |
| AGL | - Above Ground Level (au-dessus du niveau du sol) |
| ASETPA | - Approved Single Engine Turbine Powered Aeroplanes (avion Monomoteur à Turbine Approuvé) |
| ASL | - Above Sea Level (au-dessus du niveau de la mer) |
| ATC | - Air Traffic Control (contrôle de la circulation aérienne) |
| CAA (AAC) | - Civil Aviation Authority (autorité de l'aviation civile) |
| CAR 3 | - Civil Aviation Regulation 3 (É.-U.) |
| CAR | - Canadian Aviation Regulations |
| CASA | - Civil Aviation Safety Authority Australia |
| CASS | - Commercial Air Service Standard |
| CAWS | - Cabin Awareness & Warning System |
| CFIT | - Controlled flight into terrain (Impact sans perte de contrôle) |
| CT | - Type Certificate (Certificat de Type) |
| EHSI | - Electronic Horizontal Situation Indicator |
| EIS | - Electronic Instruments System |
| ESHP | - Equivalent Shaft Horse Power |
| FAA | - Federal Aviation Administration (Administration Fédérale de l’Aviation, É.-U.) |
| FAR 23 | - Federal Aviation Regulation 23 - Airworthiness Standards : Normal, Utility, Acrobatic and Commuter Category Aeroplanes |
| FAR 25 | - Federal Aviation Regulation 25 - Transport Category |

Aeroplanes

| | |
|---|---|
| FAR 135 | - Federal Aviation Regulation 135 - Commuter and on Demand Operations |
| FCU | - Fuel Control Unit (régulateur de carburant) |
| GPS | - Global Positioning System |
| GOFR | - General Operating and Flight Rules. |
| HP | - Horse Power (1 HP = 0,746 kW) |
| IFR | - Instrument Flight Rules (règles de vol aux instruments) |
| IMC/imc | - Instrument Meteorological Conditions (conditions météorologique de vol aux instruments) |
| ICAO | - International Civil Aviation Organization |
| ISA | - International Standard Atmosphere (conditions atmosphériques normales) (atmosphère type internationale) |
| JAA | - Joint Aviation Authorities of Europe |
| JAR-OPS 1 | - Joint Aviation Requirements - Operations – Number 1 |
| JAR 23 | - Joint Aviation Requirements 23 |
| KCAS | - Knots Calibrated Airspeed (vitesse-air vraie en atmosphère type au niveau de la mer) |
| KIAS | - Knots Indicated Airspeed (vitesse d'un aéronef lue sur l'indicateur de vitesse anémométrique, corrigée pour refléter un écoulement en compression adiabatique en atmosphère type, au niveau de la mer) |
| kt | - Knots (Nœuds) |
| KTAS | - Knots true airspeed (vitesse-air vraie (en nœuds marins) d'un aéronef par rapport à l'air non perturbé) |
| MMEL | - Mater Minimum Equipment List (liste principale d'équipement minimal) |
| MMHD | - Masse Maximale Homologuée au Décollage |
| MSL | - Mean Sea Level (niveau moyen de la mer) |
| MTBF | - Mean Time Between Failure (temps moyen de bon fonctionnement) |

| | |
|---|---|
| Nav/Com | - Navigation / Communications |
| NAVAID | - Aide à la navigation |
| NM, nm | - Milles marins (1,8 km) |
| NPA | - Notice of Proposed Amendment |
| NTSB | - National Transportation Safety Board |
| ONA | - Ordonnances sur la Navigation Aérienne |
| $P_M$ | - Probabilité de panne de moteur |
| $P_{M1 \& M2}$ | - Probabilité de perte simultanée de 2 moteurs |
| POH | - Pilot Operating Handbook (manuel d'utilisation pour les pilots) |
| P&WC | - Pratt & Whitney Canada Cie. |
| RAC | - Règlement de l'aviation canadien |
| RC | - Rapport de cote |
| RVR | - Runway Visual Range (portée visuelle de piste) (visibilité minimale de décollage) |
| SAG | - Service aérien gouvernemental du Québec |
| SEIFR | - Single Engine IFR (IFR d'un monomoteur) |
| SHP | - Shaft Horse Power (puissance à l'arbre du moteur) |
| STOL | - Short Take-Off and Landing (décollage et atterrissage court) |
| TBO | - Time Between Overhaul (temps entre révisions) |
| TC | - Transports Canada |
| VFR | - Visual Flight Rules (règles de vol à vue) |
| VMC/vmc | - Visual Meteorological Conditions (conditions météorologiques de vol à vue) |
| $V_A$ | - Design manoeuvring speed (vitesse de calcul en manœuvre) |
| $V_{NE}$ | - Never-exceed speed (vitesse limite à ne pas dépasser quelle que soit la manœuvre dans les conditions normales) |
| $V_{NO}$ | - Maximum structural cruising speed (vitesse maximale de croisière autorisée) |
| $V_{SO}$ | - Stalling speed or minimum steady flight speed in the landing configuration (vitesse de décrochage ou vitesse minimale de vol stabilisé dans la configuration d'atterrissage) |

$V_{S1}$ - Stalling speed or minimum steady flight speed obtained in a specified configuration (vitesse de décrochage ou la vitesse minimale de vol stabilisé obtenue dans une configuration spécifiée)

$V_{FE}$ - Maximum flap extended speed (vitesse maximale, volets sortis)

$V_{LE}$ - Maximum landing gear extended speed (la vitesse maximale avec train d'atterrissage sorti)

$V_{LO}$ - Maximum landing gear operating speed (vitesse maximale avec train d'atterrissage en manœuvre)

$V_X$ - Speed for best angle of climb (vitesse recommandée pour le meilleur angle de montée)

$V_Y$ - Speed for best rate of climb (vitesse recommandée pour le meilleur taux de montée)

$V_{XSE}$ - Vitesse pour le meilleur angle de montée avec 1 seul moteur

$V_{MC}$ - Vitesse minimale de contrôle avec un moteur en panne

$V_{YSE}$ - Single Engine Best Rate of Climb Speed (vitesse ascensionnelle optimale sur un moteur) (Vitesse pour le meilleur taux de montée sur 1 seul moteur)

$V_{SSE}$ - Vitesse minimale lorsqu'on utilise intentionnellement 1 seul moteur

$V_R$ - Vitesse de rotation

# CHAPITRE I
# INTRODUCTION

Le Service aérien gouvernemental (SAG) compte sur un peu plus de 200 personnes et sur 20 aéronefs (14 avions-citernes, trois avions d'affaires et trois hélicoptères) pour accomplir ses différentes missions[1] :

- grâce au système d'évacuations aéromédicales, le Service aérien gouvernemental assure, à la population des régions périphériques, l'accès rapide aux soins requis dans les hôpitaux des grands centres ;
- il opère une des plus importantes flottes au monde d'appareils spécialisés dans le combat aérien contre les feux de forêt ;
- il exerce des responsabilités en matière de protection de surveillance du territoire ;
- le personnel du Service aérien gouvernemental gère, entretient et pilote l'ensemble de ses aéronefs ;
- la formation est un élément auquel le Service aérien gouvernemental attache beaucoup d'importance ;
- enfin, grâce au Service de nolisement, il effectue le transport de passagers dans l'exercice des fonctions officielles et le transport de marchandises.

Pour assurer certains déplacements pour affaires des membres du gouvernement et de la fonction publique voyageant en petits groupes, le SAG met à la disposition des ministères et organismes un service de nolisement d'aéronefs.

[1] http://www.tresor.gouv.qc.ca/services/serv3a.htm

À cette fin, il procède, une fois par année, à un appel d'offres public en vue de constituer une liste de transporteurs privés (et de leurs tarifs) auxquels il fait appel pour répondre aux besoins qui lui sont signifiés pour les ministres et organismes. La plus grande partie des déplacements organisés par les membres de l'Exécutif ou pour des équipes de fonctionnaires se fait par l'entremise de ces transporteurs privés bien qu'il arrive également que le Dash-8 ou l'un des Challenger du SAG sont utilisé à ces fins. Actuellement, douze (12) compagnies opérant des bimoteurs font partie de l'offre permanente de nolisement du SAG. Aucun opérateur de monomoteurs ne fait partie de cette offre permanente. La question ici est donc d'évaluer si le risque présenté par cet appareil est gérable et si ses performances justifieraient que le SAG autorise les opérateurs de monomoteurs à turbine comme le Pilatus PC-12 à soumissionner à l'offre publique du SAG. Le SAG pourrait aussi inclure les monomoteurs tels que le PC-12 dans sa flotte si le risque s'avère gérable.

## 1.1 PROBLÉMATIQUE

Jusqu'à maintenant, le SAG, pour des motifs de sécurité, a refusé d'ouvrir son appel d'offres de nolisement aux aéronefs de type monomoteur turbopropulsé. Ceci a amené des revendications d'un transporteur qui opère de tels appareils et qui se voit *de facto* écarté de ce marché. De plus, le SAG est parfois appelé à fournir des services conseils à d'autres organismes publics qui doivent faire appel à des transporteurs privés pour répondre aux besoins de leur clientèle. En utilisant des critères similaires à ceux du SAG pour leurs propres appels d'offres, ceux-ci créent un effet d'entraînement indirect quant aux parts de marché dont pourraient bénéficier les opérateurs des aéronefs de type monomoteur turbopropulsé.

Par ailleurs, il est possible que le gouvernement décide dans un avenir prochain de confier à des transporteurs privés le mandat d'opérer en partie *le service multipatient* actuellement dispensé directement par le SAG avec le Dash-8. Il s'agit d'un service mis en place en juillet 2000 pour le transport des malades dans un état stable ne nécessitant pas de soins médicaux intensifs en vol. L'avion attitré à ce service quitte Québec selon un horaire planifié et revient à Québec le même jour après avoir transporté des malades en provenance des régions éloignées vers les hôpitaux de Montréal et de Québec. Il est également utilisé pour retourner ces mêmes patients dans leur région d'origine. Si ce service est imparti, le SAG devra procéder à un appel d'offres public pour retenir les services d'un transporteur, la question du choix du type d'appareil étant encore une fois posée.

Le SAG ne remet pas en cause la sécurité d'un aéronef monomoteur, mais son choix concernant les appareils bimoteurs s'appuie sur des considérations que la problématique qui vient d'être évoquée interpelle, à savoir :

- un second moteur confère-t-il indéniablement un avantage structurel à un appareil quel qu'il soit, ou existe-t-il des situations qui avantagent l'un ou l'autre appareil?
- compte tenu que les opérations du SAG se déroulent très souvent en régions éloignées (Côte-Nord, Abitibi-Témiscamingue, Nord du Québec, Îles de la Madeleine) où les conditions climatiques sont très variables et les aéroports de dégagement sont en général distancés les uns des autres, ce qui peut empêcher un monomoteur en difficulté de se poser en urgence sur un aéroport de repli, y a-t-il des raisons qui pourraient justifier de ne pas utiliser un monomoteur dans ces régions, notamment le Pilatus malgré son haut niveau d'autonomie relative?

- le Pilatus n’étant pas sur le marché depuis très longtemps, la séquence statistique sur la base de laquelle peut être évaluée sa performance en regard de la sécurité est-elle valable?

- en situation de nolisement, le SAG ne peut exercer le même contrôle sur les opérations que lorsqu’il opère ses propres aéronefs, qu’il s’agisse de maintenance ou de conditions de vol. Dans ces circonstances, le risque associé aux situations de nolisement est-il variable selon les différents types d’aéronefs monomoteurs?

## 1.2 OBJECTIFS DE L’ÉTUDE

Dans le but d’éclairer la prise de décision des autorités gouvernementales quant à l’utilisation éventuelle d’appareils de type monomoteur de nouvelle génération, le MTQ[2] et le SSSG[3] requièrent des réponses précises et des recommandations sur les questions suivantes :

- comment se comparent les niveaux de risque de l’utilisation sur le territoire du Québec d’appareils de type bimoteurs à pistons ou turbopropulsés à hélices et d’appareils de type monomoteur turbopropulsé de nouvelle génération?

- le SAG peut-il, en toute sécurité, recourir aux monomoteurs turbopropulsés de nouvelle génération pour ses opérations de transport de personnes, et ce en mode « location de services »?

- dans l’affirmative, y aurait-il des conditions particulières à considérer pour minimiser les risques et, si oui, quelles sont-elles?

---

[2] Ministère des Transports du Québec
[3] Sous-secrétariat aux services gouvernementaux (Conseil du Trésor)

## 1.3 REVUE DE LITTÉRATURE

Depuis leur homologation pour vols commerciaux SEIFR[4] par Transports Canada en 1996, puis par les Étas-Unis, l'Australie et la Nouvelle-Zélande en 1997, les aéronefs monomoteurs turbopropulsés ont suscité beaucoup d'intérêt autant chez les opérateurs que chez les utilisateurs. En 2000, Hydro-Québec examinait la pertinence d'utiliser le PC-12 pour son service de nolisement [1.1] et concluait, en présence de statistiques encore embryonnaires, qu'une évaluation complémentaire devait être menée ultérieurement et qu'en conséquence, les monomoteurs turbopropulsés ne pouvaient être utilisés que pour le transport de fret. Il laissait cependant entrevoir que, compte tenu des performances de l'appareil, l'autorisation de noliser l'appareil pourrait être accordée pour des opérations au Sud du 50e parallèle après une nouvelle étude si les statistiques démontrent que le risque est gérable.

En Ontario, Hydro-One commandait une étude analogue sur le PC-12 en 2000 [1.2]. Les conclusions de l'étude suggéraient que les performances de l'appareil conviennent pour les opérations d'Hydro-One, y compris dans les régions éloignées du Nord de l'Ontario. De son côté, après avoir vérifié les performances des PC-12 sur le terrain avec les Royal Fying Doctors, en Australie, la gendarmerie Royale du Canada décidait de remplacer ses vieux bimoteurs OTTERS par cet aéronef [1.3].

Divers articles vantant les mérites du PC-12 sont aussi recensés dans la littérature [1.4], [1.5], [1.6]. Globalement, ils soulignent tous, en se basant sur les statistiques des accidents et incidents entre 1992-1996 et les performances de l'aéronef, que le Pilatus PC-12 était très sécuritaire. En 1996, cet aéronef n'était

---

[4] SEIFR: *Single-Engine Instrument Flying Rules*

en utilisation que depuis deux ans et n'était pas encore homologué pour les vols commerciaux SEIFR. Les mêmes conclusions restent-elles valides aujourd'hui? La réalité du Québec est-elle différente et peut-on faire confiance à cet aéronef pour des missions de taxi aérien ou de navette sur tout le territoire québécois? Les performances de planage de cet aéronef pourraient-elles compenser pour l'absence d'un deuxième moteur en cas de panne en phase croisière dans le Nord du Québec où la densité des aérodromes certifiés est très faible et les conditions météorologiques très changeantes?

Le débat sur la question d'utiliser les monomoteurs ou bimoteurs dans ces conditions n'est pas encore tranché. Si les tenants de l'utilisation du monomoteur turbopropulsé pour toutes les missions (703-704)[5] invoquent les performances des aéronefs et les statistiques récentes [1.7], [1.8] ou moins récentes [1.9], [1.10] pour justifier leur opinion, ceux qui sont contre affirment plutôt qu'un monomoteur n'offrira jamais autant de sécurité qu'un bimoteur équipé des mêmes turbines. Il faut rappeler ici que même si parmi les conclusions du rapport du NTSB [1.9] on trouve que pour un accident avec décès pour un problème moteur sur un monomoteur, il y en a environ 4 sur un bimoteur, on y souligne surtout que *la majorité des accidents était le résultat d'un manque d'expérience du pilote dans la gestion de l'aéronef bimoteur en cas de perte d'un moteur*. De fait, les statistiques démontrent que près de 70% des accidents ont l'erreur humaine comme facteur générateur ou contributif [1.11]. Cette affirmation est reprise par Dave Jochman [1.12] en 2001. Plus précisément, à la question de savoir si un bimoteur est plus sécuritaire qu'un monomoteur, sa réponse est on ne peut plus claire : « *Tout dépend du pilote!* ». C'est dire que lorsqu'il s'agit de comparer les monomoteurs aux bimoteurs, le nombre de moteurs n'est qu'un facteur parmi tant d'autres. L'environnement opérationnel, la maintenance des aéronefs, la formation et l'expérience des pilotes sont autant de facteurs importants à prendre en compte.

---

[5] Taxi aérien ou navette

Dans le cadre de cette revue de littérature, il est opportun de souligner qu'une étude sur la sécurité des vols en Alaska [1.13] a démontré la pertinence d'autoriser les vols IFR sur monomoteur pour améliorer leur sécurité, particulièrement lorsque les conditions météorologiques sont difficiles. Une autre étude récente à souligner est celle de Pettit et Turbull [1.14] qui fixe un cadre général de l'étude de fiabilité globale d'un monomoteur en considérant tous les systèmes qui le composent.

## 1.4 STRUCTURE DE L'ÉTUDE

Afin de répondre à ces préoccupations du MTQ et des SSSG, l'étude comprend 5 volets (une copie conforme du mandat est fournie à l'annexe 1.A) :

(i) homologation et certification des aéronefs;

(ii) caractéristiques des aéronefs ciblés et identifiés;

(iii) fiabilité, sécurité et risque;

(iv) consultation;

(v) recommandations.

Le premier volet rappelle le processus qui a permis d'autoriser les vols commerciaux SEIFR et les conditions fixées par la réglementation. Il identifie les pays ayant déjà approuvé ce type d'opérations et les limites de l'environnement opérationnel qui ont été spécifiées.

Le volet 2 permet de comparer les caractéristiques et les performances des appareils ciblés et identifiés. On vise en particulier à y vérifier si les performances des aéronefs monomoteurs de nouvelle génération présentent des performances comparables à celles des bimoteurs établis comme le King Air 100 ou le Piper PA-31.

Le volet 3 analyse les données de fiabilité des aéronefs ciblés et identifiés en exploitant les données du motoriste et celles des rapports accidents/incidents autant au Canada qu'aux États-Unis. En se basant sur la fiabilité et les performances du Pilatus PC-12, on évalue les chances que cet aéronef puisse effectuer des missions de taxi aérien ou de navette de façon sécuritaire sur tout le territoire québécois.

Le volet 4 résume les opinions des opérateurs et utilisateurs des aéronefs identifiés sur le sujet. Enfin, dans un dernier volet, nous faisons le sommaire de l'étude et formulons des recommandations quant à l'utilisation des monomoteurs de nouvelle génération sur le territoire québécois.

# BIBLIOGRAPHIE


[1.1] M. Grenier (2000). *Orientation de l'unité Transport Aérien envers l'utilisation de monomoteurs de nouvelle génération*. Hydro-Québec.

[1.2] J. Sargent Aviation Services Inc. *Transportation of Passengers in Single-engine Aircraft Pilatus PC-12/45*. Thunder Bay, Ontario, May, 2000.

[1.3] B. Byrnes-Lenarcic (2000). *Pilatus Business Aircraft takes flight in Canada*. Boulder County Business Report.

[1.4] Esler, D. (2002). *Single-Engine Turboprops Come Into Their Own*. Business & Commercial Aviation, October 2002.

[1.5] G. Gilbert (2001). *Single- and twin-turbine accident rates similar.* Aviation International News, October 2001

[1.6] Sutton, O. (1999). *Two Engine Are Better than One, Right?* INTERAVIA, BUSINESS & TECHNOLOGY, No.634.

[1.7] Breiling, R. and Assicates, inc. (2002). *Business Turbine Aircraft analysis*.

[1.8] Breiling, R. and Assicates, inc. (2002). *Single Turboprop Powered Aircraft Accident Analysis.*

[1.9] National Transportation Safety Board (1979). *Light-Twins-Engine Accident Following Engine failure, 1972-1976*. NTSB-AAS-79-2

[1.10] National Transportation Safety Board (1979). *Single-Engine, Fixed-Wing General Aviation Accidents*. NTSB-AAS-79-1

[1.11] AOPA Air Safety Foundation (2001). *2001 Nall Report: General Aviation Accident Trends and Factors for 2000*

[1.12] Jochman, D. (2001). *Multiengine Training and Operations.* Aviation Seminar, September 2001. FAA, Aviation Safety Program

[1.13] National Transportation Safety Board (1995). *Safety Study: Aviation Safety in Alaska*. NTSB/SS-95/03

[1.14] Pettit, D., et Turbull, A. (2001). General Aviation Reliability Study. NASA-2001-210647.

# CHAPITRE II
# HOMOLOGATION ET CERTIFICATION

## 2.1 PRINCIPES DIRECTEURS

### 2.1.1 Général

#### 2.1.1.1 Normes de navigabilité de conception

Pour qu’un aéronef puisse entrer en service commercial, son manufacturier doit en soumettre le prototype à un processus d'homologation basé sur des normes de navigabilité. Les normes de navigabilité de conception sont des documents complexes et détaillés qui couvrent la conception même de la structure de l’aéronef, qui établissent les spécifications des sous-systèmes de l’aéronef et qui fixent les paramètres minima de performance en vol. Le langage utilisé pour la rédaction de ces documents les rend difficiles à comprendre à moins d’avoir acquis une solide expérience technique en aéronautique. Lorsque l'autorité de l'aviation civile (AAC) responsable de la certification d'un produit est satisfaite de la conformité d’un aéronef aux normes de navigabilité dans tous ses aspects, elle émet un certificat de type (CT). Le certificat de type atteste que l'aéronef est sécuritaire pour opérer à l'intérieur des limites de la catégorie pour laquelle l'aéronef a été certifié.

Tous les aéronefs visés par la présente étude ont été homologués et subséquemment certifiés en Amérique du Nord dans la **Catégorie normale** selon *CAR 3*[1] ou *FAR 23*[2]*,* qui a succédé au CAR 3 en 1966. La catégorie normale regroupe les avions qui possèdent une configuration de 9 sièges ou moins, en excluant les sièges des pilotes, et une masse maximale homologuée au décollage (MMHD) de 12500 lb (5700 kg) ou moins. À la suite d'une entente

[1] American Civil Aviation Regulation 3
[2] Federal Aviation Regulation 23 - Airworthiness Standards : Normal, Utility, Acrobatic and Commuter Category Airplanes

bilatérale entre Transports Canada et *FAA*[3], le Canada endosse habituellement la certification américaine pour les avions de catégorie normale et ne procède pas à son propre processus d'homologation/certification. D'ailleurs, bien que le FAR 23 soit un document américain, il demeure la référence internationale en matière d'homologation et de certification des avions de catégorie normale. Les normes canadiennes de conception (chapitre 523 du Manuel de navigabilité), JAA (JAR 23) et australiennes pour la catégorie normale sont toutes basées sur le FAR 23 avec les modifications nécessaires pour rencontrer les conditions spécifiques locales.

#### 2.1.1.2 VFR/VMC versus IFR/IMC

Il y a deux règles principales d'opération qui gouvernent la conduite des vols dans l'espace aérien canadien : VFR[4] et IFR[5]. VFR implique qu'en tout temps l'aéronef est opéré avec le sol visible en dessous. Ceci requiert un ensemble de conditions météorologiques connues sous l'appellation de VMC. Les VMC sont habituellement exprimées comme étant une visibilité horizontale minimale de 3 milles terrestres et une base des nuages à au moins 1 000 pi AGL[6]. La navigation peut être accomplie soit à l'aide de moyens électroniques, soit visuellement à l'aide de cartes. La trajectoire entre A et B est laissée à la discrétion du pilote et la communication entre le pilote et l'ATC[7] est principalement à titre informatif plutôt que directif. Le vol VFR peut seulement se dérouler à des altitudes jusqu'à 12 500 pi au-dessus du niveau de la mer (ASL). Au-dessus de cette altitude, tous les vols doivent être conduits selon les règles de vol aux instruments (IFR). L'aéronef VFR requiert seulement une instrumentation de vol de base et un équipement de communication pour voler

---

[3] Federal Aviation Administration
[4] Visual Flight Rules – Règles de vol visuel
[5] Instrument Flight Rules – Règles de vol aux instruments
[6] Above Ground Level – Au-dessus du niveau du sol
[7] Air Trafic Control – Organisme de contrôle aérien

en VFR. Tous les avions de catégorie normale sont capables d'opérer en VFR tels que certifiés, sans équipement supplémentaire.

Le vol IFR est requis chaque fois que les conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC) existent. En termes généraux, les conditions sont réputées IMC lorsque la visibilité horizontale est moins de 3 milles terrestres et la hauteur de la couche nuageuse inférieure à 1000 pi AGL. La navigation IFR s'effectue à l'aide de moyens électroniques sans contact visuel avec le sol et sous direction explicite de l'ATC. La communication entre l'ATC et les pilotes est principalement directive et obligatoire. L'aéronef en IFR possède obligatoirement de l'équipement supplémentaire installé selon des prescriptions définies par le Ministre. Cet équipement supplémentaire est discuté au paragraphe 2.5.2.

### 2.1.2 Application du FAR 23 aux avions bimoteurs

La catégorie normale s'applique tant aux avions monomoteurs qu'aux bimoteurs, les deux types étant homologués selon le FAR 23. Au-delà du fait qu'un bimoteur possède évidemment un deuxième moteur, des systèmes particuliers et des facteurs de performance spécifiques, plusieurs normes de navigabilité du FAR 23 sont communes aux monomoteurs et aux bimoteurs.

La performance additionnelle que procure le deuxième moteur d'un bimoteur certifié FAR 23 est largement mal interprétée. En effet, les manufacturiers d'avions bimoteurs de catégorie normale ne sont pas tenus de démontrer une performance de montée spécifique durant la phase critique du décollage, advenant qu'une panne de moteur se produise alors que le train d'atterrissage et les volets sont encore déployés, et que l'hélice du moteur en panne ne soit pas encore mise en drapeau. En d'autres termes, à haute charge (poids) et sous conditions chaudes et humides, les avions bimoteurs de catégorie normale configurés comme ci-haut pourraient être incapables de monter suivant une

panne moteur. Les références applicables dans le FAR 23 sont **FAR 23.66** et **FAR 23.67.**

Par opposition, les avions certifiés FAR 25[8] doivent démontrer une performance précise avec un moteur en panne lors de toutes les phases du vol, et sous toutes les conditions susceptibles d'être rencontrées.

Le **FAR 23.66** décrit la configuration d'aéronef imposée aux manufacturiers afin qu'ils établissent un gradient continu de montée et de descente pour chaque combinaison de poids, altitude et température. Ces combinaisons sont reproduites dans les tables de performance couramment utilisées par les pilotes pour prédire le comportement de l'aéronef. Cette configuration est connue comme "traînée élevée" et décrite comme suit :

a. le moteur critique inopérant, avec le pas d'hélice que cette dernière assume rapidement et automatiquement au moment de la panne moteur ;
b. le moteur vivant en puissance de décollage ;
c. le train d'atterrissage sorti, à moins qu'il ne puisse être rétracté en moins de 7 secondes ;
d. les volets en position de décollage ;
e. les ailes droites (au niveau) et
f. une vitesse indiquée déterminée dans un test précédent et connue comme **Vyse**, soit la vitesse ascensionnelle optimale sur un moteur.

Nonobstant ce qui précède, le FAR 23.67 (b)(1) requiert uniquement que l'aéronef démontre un taux ascensionnel positif mesurable à **Vyse**, et ce à 400 pi au-dessus du décollage, après que l'hélice du moteur mort ait été mise en drapeau et le train d'atterrissage ait été rétracté. Ainsi, aucun taux ascensionnel ni aucune performance de montée ne sont prescrits par FAR 23.66 dans la configuration "traînée élevée", typiquement entre la piste et 400 pieds AGL.

---

[8] Transport Category Aeroplanes

Donc, si la vitesse varie au-dessus ou en dessous de **Vyse**, si le pilote néglige de rentrer le train d'atterrissage, si les ailes ne sont pas maintenues au niveau ou si le moteur vivant ne développe pas sa puissance maximale, le FAR 23 ne garantit plus aucune performance après une panne moteur.

### 2.1.3 Application du FAR 23 SEIFR

FAR 23 ne prescrit aucune norme additionnelle pour les avions monomoteurs destinés au transport de passagers dans le cadre d'un service aérien commercial, sous des conditions météorologiques requérant l'utilisation des Règles de vol aux Instruments (SEIFR - l'acronyme pour IFR d'un monomoteur, terme utilisé par Transports Canada pour ce type d'opération). Toute exigence additionnelle pour atténuer les risques associés au SEIFR sera imposée aux transporteurs dans leurs règles d'exploitation. Au Canada, les règles d'exploitation sont contenues dans le Règlement de l'aviation canadien (RAC). Ainsi, le RAC impose des exigences opérationnelles supplémentaires de performance/équipement aux exigences de base prescrites par les normes de navigabilité de conception.

### 2.1.4 Normes d'homologation pour les avions de la présente étude

Les normes nord-américaines de certification et la date d'émission du certificat de type pour chacun des aéronefs de la présente étude sont les suivantes :

| Aéronef | Normes de Certification | Date TC |
|---|---|---|
| PA31 | CAR 3 | 1966 |
| B100 | FAR 23 | 1969 |
| C208B | FAR 23 | 1984 |
| TBM 700 | FAR 23 | 1988 |
| PC 12 | FAR 23 | 1994 |

### 2.1.5 Normes d’homologation : des documents en mutation

Les normes d’homologation de type doivent être considérées comme des documents en mutation; comme la technologie de l'aviation progresse, les normes d’homologation sont périodiquement révisées. Ainsi, la version du FAR 23 utilisée dans l’homologation du PC 12 en 1994 prescrivait des normes supérieures dans certains domaines comme la structure, la résistance aux chocs et les systèmes intégraux, que la version de 1969 du FAR 23 utilisée pour homologuer le B100. Bien que les deux avions aient été homologués dans la catégorie normale sous le FAR 23, il y a plusieurs différences significatives reflétant les 28 années de progrès technologiques qui séparent les deux homologations.

## 2.2 LOIS CANADIENNES

### 2.2.1 Antécédents

Avant 1993, les exploitations SEIFR au Canada avec passagers étaient spécifiquement interdites par les Ordonnances sur la navigation aérienne (ONA) Série VII, no 3. En 1993, des exploitants aériens ont formellement demandé au Ministre de revoir cette interdiction. Cette requête a mené à une étude visant à préciser les risques inhérents au vol SEIFR dans l'espace aérien canadien ainsi qu'à déterminer comment ces risques pouvaient être atténués. En concluant que les risques étaient gérables pourvu que certaines conditions atténuantes soient adoptées, l'étude a recommandé au Ministre d'émettre une exemption autorisant le transport de passagers en SEIFR en monomoteurs à turbopropulseur répondant à des critères précis. Le Ministre a émis l'exemption en mars 1993 et les opérations SEIFR avec passagers ont immédiatement débuté. Subséquemment, les critères d'exemption ont été incorporés dans le nouveau *Règlement de l'Aviation Canadien*, à savoir :

*a)* seuls les avions équipés d'un moteur à turbine installé en usine sont admissibles ;

*b)* la moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF) du moteur à turbine du type d'avion ciblé doit être de 0,01/1000 ou moins, établie sur 100 000 heures de service ;

*c)* la formation du pilote doit être conforme au paragraphe 723.98(23);

*d)* deux indicateurs d'assiette (horizons artificiels) alimentés séparément et indépendamment l'un de l'autre;

*e)* deux sources d'alimentation électrique indépendantes, chacune ayant une capacité suffisante pour alimenter les instruments de vol et les accessoires électriques essentiels;

*f)* un système d'auto-allumage du moteur, sans quoi le manuel d'exploitation de la compagnie stipulera que l'allumage doit être laissé en marche de façon continue pendant le décollage, l'atterrissage et le vol dans des précipitations intenses ;

*g)* un détecteur de limaille avisant le pilote d'une quantité excessive de matériaux ferreux dans le circuit de lubrification du moteur ;

*h)* un altimètre radar et

*i)* deux sources indépendantes de commande des gaz. Une commande des gaz manuelle et directe qui permet un fonctionnement continu et illimité du moteur en cas de panne du régulateur de carburant (FCU) de la commande principale.

### 2.2.2 SEIFR et l'aviation corporative

Les règlements SEIFR au Canada s'appliquent uniquement aux services aériens commerciaux. Au Canada, l'aviation corporative est régie comme l'aviation privée et bénéficie ainsi de normes moins restrictives. Il n'y a pas de restriction de transport de passagers en régime IFR en monomoteurs privés convenablement instrumentés selon le RAC Partie VI - Règles générales d'utilisation et de vol des aéronefs.

### 2.2.3 Règles canadiennes d'exploitation SEIFR

Le RAC impose des conditions spéciales pour les avions et les exploitants qui proposent de mener des opérations commerciales SEIFR. Au Canada, SEIFR est réservé aux monomoteurs turbopropulsés qui satisfont aux critères des Normes de service aérien commercial **723.22**. Résumons ici les critères décrits précédemment au paragraphe 2.2.1. Les turbopropulseurs doivent rencontrer des normes de fiabilité spécifiques; ils se doivent d'avoir deux sources d'alimentation électrique indépendantes, un système d'auto-allumage, un détecteur de limaille, une commande supplémentaire et directe des gaz et un altimètre radar. De plus, la norme **723.98 (24)** spécifie que les pilotes doivent subir une formation spéciale, incluant une formation en simulateur de vol sur type homologué. Normalement, une formation obligatoire dans un simulateur de vol est seulement requise pour les membres d'équipage menant des opérations de transport aérien dans la catégorie de transport en réactés, selon le RAC 705.

La norme 723.22 a déjà été modifiée au Canada en ce qui concerne le détecteur de limaille et d'oxygène supplémentaire. Ces modifications ont été le resultat d'une investigation technique suivant un accident sans décès à Clarenville, Terre-Neuve en 1998. Avant l'accident, le détecteur de limaille informait le pilote seulement pendant que l'avion était au sol. Suite à l'accident, TC a exigé que le détecteur de limaille avertisse dans toutes les phases du vol. Tous les PC-12 canadiens ont été modifiés.

Quant à la réserve d'oxygène, tous les avions canadiens de plus de 6 passagers doivent maintenant être équipés d'une bouteille de plus grande quantité dont la durée offre de 44 à 34 minutes pour 11 personnes (voir le POH, chap.4, p.4-29).

## 2.3 DIRECTIVES ÉTRANGÈRES SEIFR

En 1993, Transports Canada était la première AAC dans le monde à autoriser le transport de passagers en opération commerciale SEIFR. Depuis, plusieurs AAC ont introduit des règles d'exploitation SEIFR alors que d'autres sont à les considérer pour adoption future. La majorité des règles SEIFR existantes ou proposées sont basées sur des modèles américains, australiens ou canadiens.

### 2.3.1 Australie

État similaire au Canada en terme de territoire large et peu peuplé, l'Australie a introduit sa politique SEIFR en 1995. À certains égards, les règles SEIFR australiennes sont plus strictes que leurs équivalentes canadiennes. La différence majeure est l'obligation imposée aux avions qui font des vols commerciaux sur horaires réguliers SEIFR de demeurer en tout temps à distance raisonnable d'une piste d'atterrissage (telle que définie dans la réglementation australienne) selon la durée de vol. Par contre, cette restriction de parcours ne s'applique pas aux taxis aériens ou aux vols à demande (charter).

L'Australie impose également l'installation d'une deuxième batterie afin de fournir une alimentation électrique supplémentaire dans l'éventualité d'une panne moteur, et l'embarquement d'une plus grande quantité d'oxygène pour les passagers et l'équipage. Cet oxygène additionnel doit permettre la respiration ininterrompue pendant la descente planée, de l'altitude de croisière jusqu'à 13000 pi d'altitude-cabine (environ 18 minutes au poids maximal).

Enfin, l'Australie prescrit des critères d'entretien spécifiques des flottes de monomoteurs SEIFR. Des critères similaires avaient été prévus dans l'ébauche du règlement SEIFR canadien sans toutefois être retenus au moment de

l'adoption du règlement final. Les références australiennes applicables sont CAR *174B et 175A.*

En accord avec CAR 174B et 175A, les aéronefs approuvés par CASA pour les opérations de l'ASETPA sont :

- CESSNA Model 208 et 208B Caravane 1;
- PILATUS PC-12 et PC-12/45.

### 2.3.2 États-Unis

En 1997, le règlement *FAR 135*[9] a été modifié pour enlever certaines restrictions imposées aux exploitations SEIFR. En résumé, les critères américains d'exploitation SEIFR sont généralement moins contraignants que leurs équivalents canadiens et australiens. Par exemple, il n'y a aucune exigence sur le type de moteur installé, ni même de démonstration de fiabilité. Le FAR 135 révisé impose une deuxième source d'alimentation électrique, à l'instar des exploitations SEIFR canadiennes et australiennes, mais ne spécifie aucun équipement additionnel. La formation requise des pilotes SEIFR est la même que celle de tous les pilotes IFR exploitant sous le FAR 135. Les É-U exigent cependant un monitoring serré de l'huile moteur. Les règles d'exploitation américaines pertinentes sont FAR 135.163, FAR 135.181, FAR 135.211 et FAR 135.421.

### 2.3.3 Autorités européennes de l'aviation (JAA)

Les autorités bilatérales de l'aviation de l'Europe (JAA)[10] sont à considérer une modification afin d'incorporer une règle SEIFR inspirée de l'Australie. Contrairement au Canada et à l'Australie, qui se préoccupent de l'exploitation SEIFR en régions faiblement peuplées, la JAA cherche à atténuer les risques

---

[9] Commuter and on Demand Operations

[10] Joint Aviation Requirements - Operations - Number 1 (JAR-OPS 1)

opérationnels associés au SEIFR au-dessus de l'Europe densément peuplée. L'Europe doit en effet répondre aux nombreuses objections soulevées par ses populations, portant sur la probabilité relativement plus élevée qu'un avion SEIFR en panne moteur s'écrase en région habitée.

La politique SEIFR de la JAA est décrite dans la proposition d'amendement *(NPA) OPS-29* dans laquelle JAA modifie plusieurs JAR existants pour ainsi permettre l'exploitation SEIFR à l'intérieur d'un cadre réglementaire plus contraignant qu'en Australie. À la manière du système législatif FAR américain, les règles SEIFR européennes se retrouveront dans plusieurs JAR différents. Les JAR concernés sont JAR-OPS 1.240, 1.247, et 1.525. Un document indépendant ACJ OPS 1.247 décrit en détail les JAR et guide les exploitants.

Les exigences SEIFR proposées par la JAA sont résumées comme suit :

a) les routes aériennes empruntées doivent offrir des surfaces d'atterrissage forcé sécuritaires ;
b) les avions doivent être approuvés SEIFR par la JAA selon des normes de construction concurrentes ou ultérieures à l'émission initiale de JAR 23 du *FAR 23 Amendment 28* ;
c) l'aéronef doit avoir démontré une fréquence d'au plus 5 accidents fatals reliés à une panne moteur par million d'heures de vol ;
d) la fréquence d'arrêts moteur en vol doit être inférieure à $10X10^{-6}$, (.01/1000). Advenant qu'elle excède $5X10^{-6}$ (.005/1000), un monitoring particulier devra être mis en place. Ces données devront être fondées sur un minimum de 20000 heures de service ;
e) le manufacturier doit soumettre une liste principale d'équipement minimal (MMEL) à l'autorité ;
f) deux systèmes indépendants d'alimentation ;
g) deux indicateurs d'assiette alimentés séparément ;

h) une ceinture et un harnais de sécurité pour chaque siège de passager;
i) un radar météo;
j) assez d'oxygène pour les passagers et l'équipage pour une descente planée de l'altitude de croisière jusqu'à 13000 pieds MSL;
k) une batterie d'urgence pour alimenter les circuits essentiels pendant la descente planée, de l'altitude de croisière, suivant la panne de moteur, plus un essai pour redémarrer le moteur, plus la sortie du train d'atterrissage et les volets si nécessaires, plus alimenter l'altimètre radar jusqu'à l'atterrissage;
l) un système de navigation de surface capable de conserver en mémoire la position des aéroports et des sites d'atterrissage d'urgence le long de la route à voler qui ne sont pas nécessairement un aéroport;
m) un altimètre radar;
n) un phare d'atterrissage alimenté par le système électrique d'urgence;
o) un chauffe-pitote capable d'être alimenté par le système électrique d'urgence;
p) un système de surveillance des tendances du moteur;
q) un système d'auto-allumage du moteur;
r) un détecteur de limaille surveillant le moteur et le réducteur de l'hélice;
s) un régulateur manuel du régime moteur;
t) une visibilité minimale de décollage de RVR 2600 ou 1/2 mile;
u) un équipage avec un minimum d'expérience;
v) un équipage avec une formation désignée.

Plusieurs exigences contenues dans le JAR proposé ne sont pas spécifiquement mentionnées dans les règles canadiennes ou australiennes d'exploitation parce qu'elles sont déjà couvertes par d'autres règles générales ou des normes de construction. C'est le cas du phare d'atterrissage, du chauffe-

pitote d'urgence, des ceintures et de la visibilité au décollage. Pour ces raisons, elles sont omises du tableau ci-dessous.

## 2.4 COMPARAISON DES RÈGLES D'EXPLOITATION

Pour faciliter la comparaison, le tableau suivant résume les règlements contenus dans les règles américaines, australiennes et canadiennes ainsi que les règles JAA proposées.

Tableau 2.1 Comparaison des règles d'exploitation

| **Règlement** | **Australie** | **Canada** | **États-Unis** | **JAA*** |
|---|---|---|---|---|
| Approbation restreinte au type | Oui | Oui | Non | Oui |
| Moteur à turbine | Oui | Oui | Non | Non |
| Fiabilité moteur | Oui .01/1000 | Oui .01/1000 | Non | Oui .01/1000 |
| Taux d'accident fatal | Non | Non | Non | Oui |
| Système automatique d'ignition | Oui | Oui | Non | Oui |
| Détecteur de limaille | Oui | Oui | Non | Oui |
| Deux générateurs | Oui | Oui | **Oui** | Oui |
| Deux batteries | Oui | Non* | Non**** | Oui |
| Une commande des gaz manuelle | Oui | Oui | Non | Oui |
| Programme spécial d'entretien | Oui | Oui*** | **Oui** | Oui |
| Altimètre radar | Oui | Oui | Non | Oui |
| GPS | Oui | Non | Non | Oui |

Tableau 2.1(suite) Comparaison des règles d'exploitation

| Règlement | Australie | Canada | États-Unis | JAA** |
|---|---|---|---|---|
| Oxygène supplémentaire | Oui | Oui | Non | Oui |
| MMEL obligatoire | Non | Non | Non | Oui |
| Restrictions trajet | planifié –Oui<br>Charter - Non | Non | Non | Oui |
| Expérience minimum du pilote | Non | 1200 hrs | Non | Oui |
| Formation en vol prescrite dans un simulateur sur type approuvé | Non | Oui<br>Simulateur sur type obligatoire | Non | Oui<br>Simulateur optionnel |

* Modification à CASS présentement en train d'être modifié pour accentuer le règlement canadien afin de correspondre au règlement australien.

** L'information de JAA est basée sur une ébauche de la règle d'exploitation.

*** L'exploitant doit avoir un programme de maintenance approuvé par TC.

**** Les américains exigent une deuxième source électrique mais n'exigent pas une deuxième batterie.

## 2.5 RÉGLEMENTATION IFR/IMC

### 2.5.1 Réglementation canadienne d'exploitation IFR

Les règles d'exploitation canadiennes IFR sont contenues dans le RAC Partie VI, *Règles générales d'utilisation et de vol des aéronefs* et s'appliquent à tous les aéronefs enregistrés au Canada, sans distinction selon le service pour lequel l'aéronef est engagé. Ces règles stipulent également l'équipement minimum de

ces aéronefs. En termes généraux, les règles "Comment" sont contenues dans le RAC 602 et les règles "Quoi" dans le RAC 605.

### 2.5.2 Équipement et instrumentation

Un aéronef exploité en IFR au Canada doit posséder l'équipement spécifié dans le RAC 605.16 (1) et le RAC 605.18. L'équipement nécessaire au vol IFR est :

*a)* un indicateur d'assiette ;

*b)* un variomètre ;

*c)* un indicateur de température extérieure ;

*d)* un dispositif empêchant les défauts de fonctionnement dans des conditions de givrage pour chaque indicateur de vitesse ;

*e)* un dispositif d'avertissement de panne d'alimentation ou un indicateur de succion de chaque source d'alimentation dédiée aux instruments gyroscopiques ;

*f)* une source auxiliaire de pression statique pour l'altimètre, l'indicateur de vitesse et le variomètre ;

*g)* un équipement de radiocommunication permettant au pilote d'établir des communications bilatérales sur la fréquence appropriée ;

*h)* un équipement de radionavigation permettant au pilote, en cas de panne de toute partie de cet équipement, y compris tout affichage connexe des instruments de vol à toute étape du vol :

   (i) de se rendre à l'aérodrome de destination ou à un autre aérodrome convenable pour l'atterrissage,

(ii) dans le cas d'un aéronef utilisé en IMC, d'effectuer une approche aux instruments et, au besoin, une procédure d'approche interrompue.

Tous les monomoteurs SEIFR et tous les bimoteurs exploités en IFR pour le compte d'un service aérien commercial au Canada doivent être équipés comme ci-dessus.

De plus, à cause des normes de sécurité plus exigeantes requises pour les avions impliqués dans un service aérien commercial, le RAC 703 impose les exigences d'un équipement IFR supérieur au RAC Partie VI. Ces exigences contenues dans le **RAC 703.64, 703.65** et **703.66** sont résumées ci-dessous :

*a)* deux génératrices, chacune mue par un moteur distinct ou par un système d'entraînement du rotor ;
*b)* deux sources indépendantes d'alimentation électrique, dont au moins une sous forme de pompe ou de générateur à entraînement direct, chacune en mesure d'alimenter tous les instruments gyroscopiques ;
*c)* un détecteur d'orage et radar météorologique embarqué (cette restriction ne s'applique pas);
*d)* un pilote automatique lorsque le vol IFR est conduit par un seul pilote (cette restriction ne s'applique pas aux PA-31 et KingAir 100 s'il y a deux pilotes aux commandes mais s'applique aux Pilatus. La majorité des PA-31 et KingAir ne sont pas équipés de pilote automatique).

Comme déjà décrit dans **2.2.3** ci-dessus, le **RAC 703.22** est davantage contraignant pour les avions approuvés SEIFR que pour les multimoteurs.

## 2.6 ENTRETIEN

### 2.6.1 Général

Les prescriptions d'entretien pour assurer la navigabilité de tous les aéronefs enregistrés au Canada sont contenues dans le RAC Partie V - *Navigabilité.* Les exigences d'entretien supplémentaires pour les aéronefs engagés dans un service aérien commercial sont retrouvées dans le RAC 706[11]. Tous les monomoteurs approuvés SEIFR et tous les bimoteurs engagés dans des opérations IFR pour un service aérien commercial au Canada doivent être entretenus selon cette réglementation.

Tel que discuté ci-dessus dans **2.3.1**, le RAC n'impose pas d'exigences d'entretien supplémentaires aux avions approuvés SEIFR.

### 2.6.2 Programmes de surveillance des tendances

Les principaux motoristes, comme Pratt & Whitney Canada Cie. (P&WC), offrent des programmes de surveillance des tendances de leurs moteurs. Ces programmes sont attrayants pour les opérateurs aériens pour la sécurité accrue qu'ils permettent, mais surtout pour leur potentiel d'économies d'exploitation.

Les manufacturiers établissent un Temps entre révisions (TBO) en heures de fonctionnement pour chaque type de moteurs. Lorsqu'un moteur atteint cette limite, il doit être retiré de l'exploitation et remis en état. Ces révisions sont onéreuses. Il est donc dans l'intérêt de l'exploitant de profiter d'un TBO le plus long possible, d'où l'attrait envers les programmes de surveillance des motoristes. Dans le cadre de cette surveillance, les paramètres clés des

[11] Aircraft Maintenance Requirements for Air Operators

turbomoteurs sont régulièrement enregistrés, soit manuellement par le pilote, soit automatiquement. À intervalles réguliers, des prélèvements d'huile moteur sont envoyés au laboratoire pour analyse et détection de matériaux ferreux en suspension. Ces données dépeignent le degré d'usure interne du moteur.

Lorsqu'une révision majeure est éminente, le programme d'analyse sert de bilan de santé du moteur. Un moteur démontrant des signes positifs de bonne santé pourra bénéficier d'une prolongation de TBO en réussissant une inspection mécanique et métallurgique de la section chaude (turbine), cette portion d'un turbomoteur soumise au stress thermique. À l'instar de plusieurs exploitants américains et canadiens, le transporteur américain *Mid-Atlantic Freight* exploitant des Cessna 208B a ainsi progressivement allongé le TBO de ses moteurs P&WC PT6A-114A de 3500 à 8000 heures.

Les programmes de surveillance de tendance sont volontaires et adoptés par un nombre croissant d'exploitants canadiens. Pascan Aviation inc. a allongé le TBO de ses moteurs de 3500 à 4500 heures.

### 2.6.3 Programmes spéciaux d'entretien FAA, JAA et australien SEIFR

Les règles américaines et australiennes d'exploitation et les règles JAA proposées exigent des exploitants SEIFR de mettre en place des programmes d'entretien similaires aux procédures canadiennes décrites ci-dessus. Ces programmes incluent la surveillance des tendances et l'analyse d'huile moteur. Les exploitants peuvent adopter intégralement les programmes des motoristes ou soumettre leur programme maison à l'approbation de l'AAC. Étant donné le coût de développement de tels programmes, la plupart des exploitants adoptent la méthodologie des motoristes. Seulement quelques exploitants de grande envergure possèdent les moyens techniques pour développer leurs programmes maisons.

## 2.7 COMMENTAIRES / APPRÉCIATIONS

### 2.7.1 Arguments en faveur du SEIFR

#### 2.7.1.1 Arguments fondamentaux portant sur la performance et l'équipement

L'autorisation SEIFR accordée aux monomoteurs turbopropulsés, régis par le dernier FAR 23 en date, est fondée sur la certitude que ces appareils offrent un degré de sécurité équivalent à celui des multimoteurs certifiés selon le RAC 3 ou les premières versions du FAR 23. De plus, les bimoteurs à pistons accusent un taux de mortalité supérieur des occupants lors de pertes de contrôle causées par une panne moteur au décollage ou pendant l'approche interrompue. Le manque de garantie de performance, discuté ci-dessus dans 2.1.2, et la difficulté accrue de contrôler un bimoteur en puissance asymétrique (un moteur à plein régime, l'autre moteur en panne) imposent aux pilotes de bimoteurs des marges d'erreur extrêmement minces. Les pilotes de bimoteurs à pistons certifiés sous FAR 23 sont souvent parmi les moins expérimentés de l'aviation commerciale. De plus, le règlement n'exige pas de formation en simulateur sur type.

Malheureusement, il est fréquent chez ces pilotes confiants à outrance du deuxième moteur de perdre le contrôle de leur avion lors de manœuvres à basse altitude et faible vitesse, en croyant pouvoir atterrir à l'aéroport de départ. Il est généralement admis que de garder le contrôle de l'avion et de tenter un atterrissage forcé droit devant est plus sécuritaire et offre de meilleures chances de survie.

Les pilotes d'avions monomoteurs sont entraînés à atterrir droit devant dans l'éventualité d'une panne de moteur lors du décollage. D'une part, les monomoteurs turbopropulsés modernes sont plus solides et la résistance aux chocs des sièges d'équipage et de passagers est supérieure (requis par le

dernier FAR 23 de résister à un minimum de 24G horizontalement). D'autre part, l'atterrissage droit devant est souvent plus lent et mieux orienté qu'un écrasement hors contrôle. Cette théorie semble avoir du mérite si l'on analyse les résultats d'un atterrissage forcé d'un PC12 à Clarenville, Terre-Neuve, en 1998. Les occupants ont tous survécu.

Au décollage, peu d'avenues s'offrent au monomoteur en panne. Par contre, les alternatives se multiplient lorsque la panne moteur survient en croisière. Tous les avions approuvés SEIFR au Canada ont démontré d'excellentes caractéristiques de vol plané. Dans des conditions de vent nul, un Caravan C208 évoluant à 10000 pieds d'altitude (croisière sans supplément d'oxygène) peut planer à plus de 20 miles nautiques. Le PC12 pressurisé évolue beaucoup plus haut, jusqu'à 25000 pi ASL. De cette altitude, le PC12 est capable de planer à plus de 60 miles nautiques. Aussi, le PC-12 est un appareil très performant dont le taux de montée est deux fois supérieur à son taux de descente sans moteur; ce qui signifie que dans la majorité des cas, il pourra planer vers son aéroport de décollage si une panne survient pendant la montée.

Les exploitants SEIFR soutiennent que le vol plané de leurs avions offre aux pilotes un choix de sites adéquats d'atterrissage forcé sécuritaire, voire un aéroport ou à un terrain découvert en conditions VFR. D'ailleurs au Canada, un entraînement supplémentaire en simulateur de vol est requis par **CASS 723.22** et forme précisément les pilotes SEIFR aux prise de décisions lors d'atterrissages forcés. Contrairement aux autres avions évalués dans le présent document, les TBM700 et PC12 ont une capacité supérieure de voler au-dessus du mauvais temps et des niveaux usuels de givrage. Cela constitue un facteur de sécurité non négligeable.

#### 2.7.1.2 Arguments statistiques

En comparant les pannes de turbomoteurs, notamment des pannes survenues en conditions météo défavorables (plafond zéro, visibilité zéro) aux risques inhérents de toute exploitation aérienne, l'exploitation SEIFR apparaît être une alternative sécuritaire.

### 2.7.2 Arguments en défaveur du SEIFR

#### 2.7.2.1 Arguments fondamentaux portant sur la performance et l'équipement

L'argument principal en défaveur du SEIFR est qu'une panne de moteur entraînera nécessairement un atterrissage forcé, et la très grande probabilité que l'atterrissage forcé sera sur une surface non préparée, avec tous les risques associés que ceci occasionne. Malgré toutes les limitations de performance des bimoteurs certifiés FAR 23, dans l'éventualité d'une panne d'un moteur, il est souvent prétendu que le moteur restant permettra un atterrissage sécuritaire à un aéroport, ou encore permettra au pilote de choisir une surface d'atterrissage forcé autrement non disponible au pilote de planeur.

Les limitations des bimoteurs certifiés FAR 23 sont bien connues et reconnues. En mandatant d'office des bimoteurs pour le service aérien commercial, la redondance du deuxième moteur offrirait un degré supérieur de sécurité par rapport au SEIFR, mais ne garantirait pas plus la survie de tous les occupants suivant une panne moteur.

# CHAPITRE III

# PILATUS PC-12 ET AÉRONEFS CIBLÉS

La fiabilité de plus en plus croissante des moteurs turbopropulsés de nouvelle génération a poussé l'aviation civile canadienne à modifier ses règlements afin de permettre des opérations de transports de passagers sur des avions monomoteurs approuvés selon des règles de vols aux instruments (IFR) et vols VFR de nuit. La question est maintenant de déterminer si les caractéristiques et la fiabilité de ces appareils peuvent permettre d'étendre de façon sécuritaire les missions de ces aéronefs dans tout le Québec, incluant les régions éloignées (i.e. au Nord du 50$^{e}$ parallèle), où la densité des aéroports est plutôt faible, et si le risque découlant peut être géré. Afin d'apporter tout l'éclairage nécessaire à cette interrogation, les aéronefs monomoteurs ciblés (Cessna 208, TBM 700, Pilatus PC-12) vont être comparés à des bimoteurs établis comme le King Air 100 et le Piper PA31 - Navajo tant au niveau des performances qu'à celui de leur fiabilité. Le tableau 3.1 ci-dessous présente le nombre de ces appareils ciblés et identifiés au Canada, au début de l'année 2002.

Tableau 3.1 : Liste des aéronefs ciblés

| Aéronef | Type | Certificat USA/Canada | Date Certification (USA/Canada) | Pays d'origine | Flotte au Canada (2002) |
|---|---|---|---|---|---|
| **A. Aéronefs monomoteurs ciblés** | | | | | |
| Pilatus PC-12 | Turbine | A78EU/A-201 | 1994/1997 | Suisse | 50 |
| Socata TBM 700 | Turbine | A60EU/A-176 | 1990/1992 | France | 1 |
| Cessna 208 | Turbine | A37CE/- | 1984/---- | E.U. | 90* |
| **B. Aéronefs bimoteurs identifiés** | | | | | |
| Beech King Air 100 | Turbine | A14CE/- | 1969/---- | E.U. | 27** |
| Piper Navajo | Pistons | A20SO/- | 1966/---- | E.U. | 120*** |

*32 Cessna 208 + 58 Cessna 208B; **La flotte canadienne comprend en outre 46 King Air 200 ; ***1 PA-31-300 ; 9 PA-31-325 et 110 PA-31-350

L'observation principale découlant de ce tableau est que la comparaison se fait entre aéronefs de générations différentes.

Alors que les bimoteurs identifiés datent des années 70, les monomoteurs ciblés sont plutôt des années 90. De plus, les bimoteurs choisis comme cibles ne sont plus en production, alors que les monomoteurs identifiés sont à leur essor. Des différences technologiques sont donc à prévoir.

La description des aéronefs va se faire comme suit : dans un premier temps, l'historique des aéronefs est présentée de façon sommaire. Ensuite, la description se fait de façon comparative en tenant compte des dimensions des aéronefs, des groupes motopropulseurs, des performances, du type d'utilisation, ainsi que de leur importance relative dans le monde et au Canada. Une attention particulière est ensuite accordée aux caractéristiques particulières du Pilatus PC-12/45. Une description plus complète des aéronefs ciblés pourra être consultée dans [3.1]

## 3.1 HISTORIQUE

### 3.1.1 Pilatus PC-12



Figure 3.1: Pilatus PC-12 en vol

Aéronef monoturbine pressurisé de fabrication suisse, le Pilatus PC-12 (Fig. 3.1) assure des performances équivalentes ou supérieures aux avions biturbines de même catégorie pour un coût moindre d'exploitation.

Reconnu pour son endurance, sa polyvalence et sa fiabilité, le PC-12 est un aéronef établi, pouvant emporter jusqu'à 9 passagers et 425 lb de bagages sur une distance de 1600 nm jusqu'à 2260 nm sans escale [3.2]. Il permet d'accéder à des aérodromes dotés de courtes pistes non préparées. Annoncés en octobre 1989, les deux premiers prototypes du Pilatus PC-12 effectuent leur premier envol le 31 mai 1991, mais la certification de l'appareil par la Suisse attendra jusqu'au 30 mars 1994, suite à la nécessité de revoir la conception des ailettes pour assurer les garanties de performances annoncées. La certification américaine (US FAA FAR Part 23) suivra quelques mois plus tard, soit le 15 juillet 1994. La certification canadienne de l'aéronef intervient en 1997, année d'introduction du premier PC-12 au Canada.

Par rapport au bimoteur King Air 100 auquel il est souvent comparé en terme de taille et de confort, le Pilatus PC-12 (Figure 1) se distingue par l'utilisation d'un seul moteur turbopropulsé de 1200SHP[1]: le PT6A-67B de P&WC, par son autonomie, sa polyvalence et ses performances sur pistes courtes non préparées. L'intérieur de la carlingue du Pilatus PC-12 est cependant plus large que celle du Beech King Air 100, pour un poids identique. De part ses caractéristiques du cockpit et ses commandes de vol, le Pilatus PC-12 standard est certifié dans la catégorie 'Avion monopilote' et sa configuration standard offre la possibilité d'une transformation rapide en configuration de fret ou médical. Au début, le radar météorologique était une option. Il fait actuellement partie des équipements standard. De plus, depuis 1997, le poids maximal au décollage de 4,5 tonnes est devenu le standard.

Le Pilatus PC-12 dans sa version standard offre 9 sièges de passagers dans sa configuration de transporteur régional, 4 sièges dans sa configuration combi passagers/fret et 6 places dans sa configuration avion d'affaires. Si la majorité des PC-12 sont encore vendus comme avions d'affaires, les choses changent de plus en plus depuis 1993 avec la modification de règlements pour permettre

---

[1] SHP (*"shaft horse power"*) ou puissance à l'arbre du moteur (1 HP = 0,746 kW)

les vols commerciaux IFR/IMC avec passagers sur des monomoteurs turbopropulsés approuvés (Pilatus PC-12, Cessna 208, TBM 700). Le Canada, l'Australie, le Brésil, les États-Unis et l'Afrique du Sud sont quelques-uns des pays ayant modifié leur réglementation à cet effet. On prévoit que la JAA devrait faire de même au courant de 2003. Cette modification à la réglementation ouvre en particulier le marché des transporteurs régionaux aux PC-12 en remplacement des vieux King Air 100 et autres bimoteurs à pistons comme le Piper Navajo. Au Canada, *Kelner Airways, Wasaya Airways et Bearskin Lake Air Service Ltd, etc.* sont quelques-unes des compagnies qui effectuent avec succès un service intérieur de vols affrétés sur des aéronefs Pilatus PC-12. Au Québec, PASCAN Aviation utilise trois de ces appareils pour le transport régional, l'affrètement et l'évacuation médicale.

À la fin de 2002, il y avait 370 PC-12 opérationnels dans le monde (Tableau 3.2). De ceux-ci, 275 (74%) étaient enregistrés sur le continent Nord-Américain essentiellement aux États-Unis (222) et au Canada (50). Le marché européen avec 32 PC-12 ne représentait à la fin de 2002 que 8,6%, alors que l'Australie à lui seul (19 PC-12) comptait que pour 5%. L'Afrique du Sud avec 30 PC-12 est pratiquement à la même hauteur que l'union européenne. Dans son ensemble, l'Asie ne comptait que 4 PC-12 en 2002. La production annuelle de PC-12 est en moyenne de 60 aéronefs.

Dans la flotte canadienne, on note particulièrement l'acquisition de 13 PC-12 par la Gendarmerie Royale du Canada, en remplacement de ses vieux Twin OTTER, King Air et Jet Citation II. Utilisés pour des missions de liaison, ces aéronefs sont exploités dans les conditions climatiques les plus extrêmes du monde. La figure 3.2 montre un de ces appareils lors de son décollage du fjord de Grise (76°N). Les pistes à ces endroits sont en général courtes et sans revêtement, les températures hivernales y tombent facilement aussi bas que –50°C, et les aides techniques à la navigation (NAVAID) y sont plutôt rares.

Tableau 3.2 : Présence de Pilatus PC-12 dans le monde (2002)

| Continent | Pays | Unités | Total | % |
|---|---|---|---|---|
| **Amérique du Nord** | États-Unis | 222 | | |
| | Canada | 50 | | |
| | Mexique | 3 | 275 | **74,3%** |
| **Amérique latine** | Brésil | 4 | | |
| | Argentine | 3 | 7 | |
| **Europe** | Suisse | 18 | | |
| | Royaume-Uni | 3 | | |
| | Danemark | 2 | | |
| | France | 2 | | |
| | Allemagne | 2 | | |
| | Pays Bas | 2 | | |
| | Autriche | 1 | | |
| | Belgique | 1 | | |
| | Grèce | 1 | 32 | **8,6%** |
| **Afrique** | Afrique du Sud | 30 | | |
| | Zimbabwe | 2 | | |
| | Kenya | 1 | 33 | **8,9%** |
| **Océanie** | Australie | 19 | 19 | **5,1%** |
| **Asie** | Japon | 3 | | |
| | Inde | 1 | 4 | **1,1%** |
| **Total** | | **370** | **370** | |



Figure 3.2 : PC-12 de la Gendarmerie Royale du Canada au décollage au Fjord de Grise (76.5°N). Les atterrissages sont exécutés vers la montagne et les décollages loin d'elle: il n'y a aucun autre choix.

### 3.1.2 Socata TBM 700




Figure 3.3: Socata TBM 700

Comme le Pilatus PC-12, le TBM 700 (Fig.3.3) est un aéronef mono turbine pressurisé utilisé essentiellement comme avion d'affaire en compétition avec des aéronefs bimoteurs établis comme le King Air 100 et le Piper Navajo. Alliant la puissance et la fiabilité d'un turbopropulseur PT6A-64 de 700 SHP, construit par P&WC, le TBM 700

est un aéronef économique et maniable dont les performances sont comparables à celles des aéronefs de catégories supérieures.

À l'origine, le TBM 700 a été développé en partenariat entre Socata (Division générale de l'Aviation, Aérospatiale, France) et le constructeur Mooney (E.U.). Les deux compagnies avaient alors formé le consortium TBM SA pour la conception et la commercialisation du TBM 700, la responsabilité du développement étant partagée sur une base 70/30 entre Socata et Mooney, respectivement.

Les premiers prototypes du TBM 700 ont pris leur envol le 14 juillet 1988 et leur certification par la France a suivi en janvier 1990. Quelques temps après la livraison des premières commandes, en décembre 1990, Mooney s'est retiré du partenariat, laissant l'entière responsabilité au groupe français Socata.

Le TBM 700 est offert en configuration standard de 6 à 7 places [3.3], mais une version de fret (le TBM 700C) est aussi offerte. En 2000, plus de 125 TBM 700 étaient en service dans le mode, 25 d'entre eux étant utilisés par l'armée française. Les fichiers de Transports Canada n'indiquent qu'un seul TBM 700 enregistré dans le pays en 2001, faisant de cet aéronef le moins représenté au pays.

### 3.1.3 Cessna 208

Avec plus de 1200 aéronefs en service dans le monde, le Cessna 208 (Fig. 3.4) est sans aucun doute le monomoteur utilitaire le plus populaire. Conçu au début des années 80, le premier prototype a pris son envol le 9 décembre 1982 et la certification américaine a été obtenue en octobre 1984. Le Cessna 208 est donc dans ce contexte le premier monomoteur turbopropulsé de la nouvelle génération [3.10].

L'histoire du Cessna Caravan I est étroitement liée à celle de Federal Express (FedEx) pour qui Cessna a développé et livré 40 versions fret de cet aéronef (Cessna 208A). Une version allongée de ce modèle (Cessna 208B Super Cargomaster ) est ensuite produite en 1986 et livrée en 260 exemplaires à FedEX.

Figure 3.4: Cessna Grand Caravan

Le Cessna 208B Grand Caravan a pris son envol en 1990, et comme le Super Cargomaster, il est tout simplement une version allongée du modèle de base Caravan I. Un moteur P&WC, PT6A-114 de 675 SHP équipe cet aéronef qui peut transporter jusqu'à 14 passagers.

En 1997, Cessna a annoncé le remplacement du 208 par le 208-675. Cet aéronef combine les dimensions standard du 208 et la puissance du PT6A-114 du Grand Caravan 208B. Le site internet de Cessna indique que plus de 1200 appareils Cessna 208B sont actuellement opérationnels dans 67 pays.

### 3.1.4 Beech King Air 100

Avec le King Air 90, le KingAir 100 (Figure 3.5) a constitué la base du succès en aviation d'affaires. Avec 9 passagers et 425 lb de bagages, il couvre une distance de 600 mi sans escale [3.4].

La famille des King Air date des années 60 et apparaît comme la version turbopropulsée du Queen Air. Un prototype du Queen Air 65-80 équipé d'un

moteur PT6 avait été testé en 1963 et commandé par l'armée américaine sous la désignation U-21A. La version civile de cet aéronef, le King Air 90, devait prendre son envol le 20 janvier 1964 et les premières livraisons débutaient au cours de cette même année.



Figure 3.5: Le Beech King Air 100

Le King Air 100 est annoncé en mai 1969. Comparativement au King Air 90, cette nouvelle version est de 1,27 m plus long et offre une plus grande capacité de transport de passagers. Le King Air A100 est une version militaire tandis que le B100 est propulsé par un moteur Garrett TPE331S de 715 SHP. La production des King Air 100 a cessé en 1984 et environ 350 King Air 100 étaient encore en opération en 2000.

Le King Air 200 représente une continuité du King Air 100 avec un moteur plus puissant, une envergure des ailes plus grande, une pressurisation accrue de la carlingue, une plus grande capacité de carburant et une charge plus élevée. Le nombre de King Air 200 sont en opération dans le monde en 2000 était de 1840 et cet aéronef est encore en production à ce jour.

### 3.1.5 Piper Navajo

Le Piper Navajo (Fig. 3.6) est un bimoteur multi-missions, de 6 à 9 places, reconnu pour sa fiabilité et son confort. Capable d'atterrir sur de courtes piste et avec un intérieur assez spacieux, il a longtemps représenté un choix populaire [3.5].

Désirant clairement pénétrer le marché des avions d'affaires, William T. Piper demanda à sa compagnie de développer le PA31 et les essais du premier

prototype eurent lieu le 30 septembre 1964. Il était motorisé par deux moteurs Lycoming TIO540A de 310 HP chacun et fut baptisé Piper PA-31-310 Navajo. Les premières livraisons eurent lieu en avril 1967.



Figure 3.6: Piper Navajo Chieftain

En mars 1970, le PA31P Navajo, motorisé par deux moteurs Lycoming TIGO541E1A de 425 HP chacun et un système de pressurisation permettant de voler à 8000 m d'altitude prend son envol. La version suivante est le Piper PA-31-350 Navajo Chieftain caractérisée par deux moteurs de 350 SHP et un fuselage rallongé de 61 cm. La version la plus aboutie est cependant le PA-31T Cheyenne, certifié en 1973 et doté d'une carlingue pressurisée et de deux moteurs PT6A-28 de 620 HP chacun, fabriqués par Pratt & Whitney, Canada. En 1974, le PA-31-325 Turbo Navajo C/R voit le jour, motorisé comme le Navajo Chieftain.

En 1977, le PA-31T Cheyenne devient le PA-31T Cheyenne II après la production du moins puissant PA-31T1 (2x PT6A-11 de 500 HP). Le PA-31T2 Cheyenne IIXL naît en 1981. Il a un fuselage rallongé et deux moteurs PT6A-135 de 750 HP. En 1986, les PA-31T et PA-31T2, seuls avions encore en production, sont rejoints par le PA-31P-350 Mojave, nouvelle version du Cheyenne avec deux moteurs de 350 HP chacun.

En 2000, 1827 Piper PA-31-350 Navajo Chieftain étaient en opération un peu partout dans le monde. Actuellement, près de 110 de ces aéronefs sont recensés au Canada.

## 3.2 COMPARAISON DES AERONEFS

La présentation des spécifications des aéronefs identifiés et ciblés se fait ici sur une base comparative. Les données de base de cette comparaison sont tirées de [3.1], des certificats de navigabilité des aéronefs ciblés et identifiés. Nous nous intéresserons principalement aux performances du groupe motopropulseur, à la taille des appareils, à leur capacité, ainsi qu'aux limitations spécifiques en terme de vitesses d'exploitation.

### 3.2.1 Groupe motopropulseur

Le tableau 3.3 compare les performances du groupe motopropulseur pour les appareils ciblés et identifiés. À l'évidence, le moteur du PC-12 place cet aéronef dans une catégorie à part, même quand on le compare au bimoteur Beech King Air 100. La puissance du moteur PT6A-67B est comparable à celle combinée des deux moteurs du King Air 100 pour tirer la même charge. Donc, si la fiabilité du moteur PT6A-67B le justifie, le Pilatus PC-12 pourra constituer une alternative très intéressante aux bimoteurs établis comme le King Air 100. Le Piper Navajo n'est tout simplement pas dans la course. *Pilatus Business Aircraft* a aussi publié des pamphlets comparant certains des aéronefs identifiés [3.6], [3.7], [3.8]

La puissance du moteur telle que présentée ici est celle recommandée au décollage. De fait, la puissance maximale réelle du moteur PT6A-67B (Pilatus PC-12) est de 1605 SHP. La limitation à 1200 SHP réduit ainsi la sollicitation du moteur, pour une meilleure fiabilité durant le vol. L'examen de ce tableau confirme que, du point de vue groupe motopropulseur, le Pilatus PC-12 surclasse tous les monomoteurs ciblés et se compare avantageusement au bimoteur King Air 100, si on se réfère à la puissance combinée de ses deux moteurs.

Tableau 3.3 : Comparaison des caractéristiques des moteurs des aéronefs ciblés

| | Monomoteurs | | | Bimoteurs | |
|---|---|---|---|---|---|
| **MOTEUR** | **Pilatus PC-12** | **Socata TBM 700** | **Cessna 208B** | **Beechcraft King Air 100** | **Piper PA31-350 Navajo Chieftain** |
| Constructeur | Pratt & Whitney | Pratt & Whitney | Pratt & Whitney | Pratt & Whitney | Lycoming |
| Modèle | PT6A-67B | PT6A-64 | PT6A-114 | 2 PT6A-28 | 1 TIO-540-J2BD<br>1 LTIO-540-J2BD |
| Puissance (SHP) | 1200 | 700 | 675 | 2 x 680 | 2 x 350 |
| TBO (heures) | 3, 500 | 3,000 | 3,600 | 3,600 | 2,000 |
| Propulseur / Hélices | | | | | |
| Constructeur | Hartzell | Hartzell | Hartzell | Hartzell | Hartzell |
| Diamètre | 105 po | 91 po | 106 po | 90 po | 80 po |
| Nombre de pales | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 |
| Type | Vitesse constante | Vitesse constante | Vitesse constante | Vitesse constante | Vitesse constante |

### 3.2.2 Performances

La comparaison des performances touche autant les vitesses d'exploitation que les distances franchissables en passant par les distances de décollage et d'atterrissage. Le tableau 3.4 résume ces éléments de comparaison. La plupart des caractéristiques dont les distances de décollage et d'atterrissage sont obtenues dans des conditions atmosphériques normales (ISA)[2], au niveau de la mer, et pour une charge maximale.

[2] *International Standard Atmosphere* = Conditions atmosphériques normales

Tableau 3.4 : Comparaison des performances des aéronefs ciblés

| PERFORMANCES | Monomoteurs | | | Bimoteurs | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Pilatus PC-12** | **Socata TBM 700** | **Cessna 208B** | **Beech King Air 100** | **Piper PA31-350** |
| Vitesse de croisière maximale (KTAS**) | 270 | 300 | 189 | 265 | 230 |
| Vitesse de croisière économique (KTAS) | 232 | 243 | | 234 | 211 |
| Taux de montée (pi/min) | 1,680 | 1,800 | 975 | 2,140 | 1,120 |
| Altitude maximale d'opération (pi) | 30,000 | 30,000 | 25,000 | 30,000 | 24,000 |
| Distance de décollage (pi) | | | | | |
| ISA – obstacles de 50 pi | 2,300 | 2,133 | 2,420 | 2,710 | 2,510 |
| ISA – Course au sol | 1,475 | 1,378 | 1,365 | | 1,350 |
| Distance d'atterrissage (pi) | | | | | |
| ISA – obstacles de 50 pi | 1,830 | 2,133 | 1,795 | 2,000 | 1,880 |
| ISA – course au sol | 945 | 1,215 | 950 | | 1,045 |
| **Rayon d'action (ISA – 45 min réserve)** (nm) | | | | | |
| . plein carburant et charge maximale – croisière maximale | 1,600 | 900 | 900 | 1,264 | 883 |
| . plein carburant et charge maximale – croisière économique | 2,260 | 1,080 | | 1,325 | 1,295 |

Deux observations importantes : au niveau du rayon d'action, le Pilatus PC-12 surclasse ses concurrents, qu'ils soient monomoteurs ou bimoteurs. De plus, il apparaît comme un aéronef à atterrissage et décollage courts (STOL[3]), une

** KTAS =*Knots true airspeed :* Vitesse-air vraie (en nœuds marins (1,8 km/hr)) d'un aéronef par rapport à l'air non perturbé.

[3] *short take-off and landing :*décollage et atterrissage court

caractéristique qui l'avantage par rapport aux bimoteurs établis comme le King Air 100. Ainsi, avec une vitesse de croisière des plus élevées, un rayon d'action plus grand et une facilité de décoller et d'atterrir sur de très courtes pistes, le PC-12 est clairement un compétiteur bien outillé au King Air 100. La seule faiblesse du PC-12 par rapport au King Air 100 est son taux de montée. Du point de vue sécurité, le King Air 100 aura de la difficulté à éviter rapidement des conditions atmosphériques difficiles au décollage suivant une panne moteur.

### 3.2.3 Vitesses limites d'exploitation

Les vitesses limites d'exploitation telles qu'indiquées sur le certificat de navigabilité d'un aéronef constituent le langage universel d'identification des performances d'un aéronef. Celles-ci incluent les vitesses critiques ($V_A$, $V_{NE}$, $V_{NO}$,$V_{SO}$, $V_{S1}$, etc.), les vitesses au décollage et à l'atterrissage ($V_{FE}$, $V_{LE}$, $V_{LO}$, etc.), ainsi que les vitesses recommandées pour la montée et la descente ($V_X$, $V_Y$, $V_{XSE}$, $V_{YSE}$, etc.).

La vitesse $V_A$ ou vitesse de calcul en manœuvre *(design manoeuvering speed)* est la vitesse maximale à laquelle les contrôles aérodynamiques de l'appareil ne vont pas induire des contraintes excessives à l'aéronef. La vitesse $V_{NE}$ *(never-exceed speed)* représente la limite à ne pas dépasser quelle que soit la manœuvre dans les conditions normales. $V_{NO}$ *(maximum structural cruising speed)* représente la vitesse maximale de croisière autorisée. $V_{S1}$ *(stalling speed or minimum steady flight speed obtained in a specified configuration)* et $V_{SO}$ *(stalling speed or minimum steady flight speed in the landing configuration)* représentent la vitesse de décrochage ou la vitesse minimale de vol stabilisé obtenue dans une configuration spécifiée et la vitesse de décrochage ou vitesse minimale de vol stabilisé dans la configuration d'atterrissage, respectivement.

Les vitesses critiques $V_{LE}$ *(maximum landing gear extended speed)* et $V_{LO}$ *(maximum landing gear operating speed)* définissent les limites à respecter pour l'atterrissage : à savoir, la vitesse maximale avec train d'atterrissage sorti et la vitesse maximale avec train d'atterrissage en manœuvre. La vitesse $V_{FE}$ est la vitesse maximale, volets sortis *(maximum flap extended speed)*.

Les vitesses $V_X$ *(speed for best angle of climb)* et $V_Y$ *(speed for best rate of climb)* représentent respectivement les vitesses recommandées pour le meilleur angle et le meilleur taux de montée pour un aéronef. Quant aux vitesses $V_{XSE}$ et $V_{YSE}$, elles caractérisent les limites d'exploitation d'un bimoteur sur lequel un moteur est inopérant.

Le tableau 3.5 présente une liste restreinte de ces vitesses caractéristiques pour les appareils ciblés et identifiés. La liste complète est généralement présente sur le certificat de type de chaque aéronef et dans les manuels du pilote de chaque aéronef. De nouveau, le tableau montre que le PC-12 se compare avantageusement avec les bimoteurs ciblés. Au niveau sécurité, la vitesse de décrochage à l'atterrissage du PC-12 est largement inférieure à celle des bimoteurs, ce qui lui assure un avantage pour la sécurité des passagers en cas d'atterrissage dur.

Une remarque importante : la vitesse de décrochage à l'atterrissage du PC-12 (64 KCAS[4]) se situe au-dessus de la norme généralement acceptée pour les monomoteurs. Cette dérogation est le résultat d'une construction supérieure qui permet au pilote et aux passagers de supporter un impact de 24G à l'atterrissage, la norme de 61 KCAS correspondant à un impact de 17G. La structure du PC-12 apparaît donc dans ce contexte comme la plus sécuritaire des monomoteurs produits à ce jour. La vitesse de décrochage de 64 KCAS est évidemment liée à la masse à l'atterrissage de 4,5 tonnes. En ramenant cette

---

[4] KCAS: *(Knots Calibrated Airspeed)*: Vitesse-air indiquée d'un aéronef (en nœuds marins), corrigée de l'erreur d'instrument et de position. Appelée aussi *Vitesse conventionnelle*, elle est égale à la vitesse-air vraie en atmosphère type au niveau de la mer.

masse à 4,1 tonnes, la vitesse de décrochage du PC-12 est ramenée à 61 KCAS. Ceci est particulièrement important en Allemagne où la loi ne permet pas de dérogation pour les monomoteurs comme cela a été le cas aux États-Unis.

Tableau 3.5 : Limites et recommandations relativement aux vitesses d'utilisation

| | **Monomoteurs** | | | **Bimoteurs** | |
|---|---|---|---|---|---|
| **LIMITES / RECOMMANDATIONS (KCAS)** | **Pilatus PC-12** | **Socata TBM 700** | **Cessna 208B** | **Beech King Air 100** | **Piper PA31-325** |
| **$V_{MC}$ :** vitesse minimale de contrôle avec un moteur en panne[4] | | | | 80 | 78 |
| **$V_{SSE}$ :** vitesse minimale lorsqu'on utilise intentionnellement 1 seul moteur[4] | | | | | |
| **$V_X$ :** vitesse pour le meilleur angle de montée | 110 | 95 | 72 | 101 | |
| **$V_Y$ :** vitesse pour le meilleur taux de montée | 120 | 123 | 104 | 112 | 110 |
| **$V_{XSE}$ :** vitesse pour le meilleur angle de montée avec 1 seul moteur[4] | | | | 100 | |
| **$V_{YSE}$** : vitesse pour le meilleur taux de montée sur 1 seul moteur | | | | 108 | 105 |
| **$V_A$** : vitesse de calcul en manœuvre | 170 | 160 | 148 | 169 | 162 |
| **$V_{FE}$** : vitesse maximale, volets sortis<br>- atterrissage<br>- décollage | <br><br>130<br>165 | <br><br>120<br>180 | <br><br><br>175 | <br><br><br>184 | <br><br><br>160 |
| **$V_{LE}$ :** vitesse maximale, train sorti | 240 | 180 | | 182 | 130 |

Tableau 3.5(suite) : Limites et recommandations relativement aux vitesses d'utilisation

| | Monomoteurs | | | Bimoteurs | |
|---|---|---|---|---|---|
| **$V_{LO}$ :** vitesse maximale avec train d'atterrissage en manœuvre | 180 | 180 | | 182 | 130 |
| **$V_{NO}$** : vitesse maximale de croisière autorisée par la structure | 240 | 270 | 175 | 226 | 187 |
| **$V_{NE}$** : vitesse à ne jamais dépasser | 240 | 270 | 175 | 226 | 236 |
| **$V_R$** : Vitesse de rotation | 73 | 85 | 70 | 97 | |
| **$V_{S1}$ :** vitesse de décrochage ou vitesse minimale de vol stabilisé | 91* | 75 | 78 | 88 | 95 |
| **$V_{SO}$ :** vitesse de décrochage-conditions d'atterrissage | 64* | 61 | 61 | 78 | 80 |

* POH section 9, p. 9-08-14

### 3.2.4 Utilisations, configurations et dimensions

Un concept original : le PC-12 est un monomoteur de catégorie à part, avec l'un des plus gros fuselages. Caractéristique particulière, il est le seul à offrir deux entrées différentes à la cabine. En effet, le PC-12 est doté d'une immense porte cargo de 52 X 53 pouces. Il peut être configuré très rapidement pour transporter du fret et/ou jusqu'à 9 passagers ou de patients sur civière. Par ailleurs, il est utilisé pour les services d'évacuation médicale, souvent dans des conditions très exigeantes, comme c'est le cas pour la Native American Ambulance en Arizona (4 PC-12), les Royal Flying Doctors Services en Australie (14 PC-12) ou PASCAN Aviation, au Québec. Au Canada, le Pilatus PC-12 est également utilisé par Kelner Airways à Thunder Bay, en Ontario comme un transporteur régional pour des vols affrétés. Aussi, Bearskin Lake Air Service Ltd. et RJM Aviation sont aussi de très grands utilisateurs de PC-12. Le PC-12 a donc les

mêmes utilisations que les bimoteurs établis, particulièrement depuis leur certification pour des opérations commerciales en vols IFR et VFR de nuit.

Le tableau 3.6 compare le PC-12 aux monomoteurs et autres bimoteurs ciblés relativement à leurs dimensions intérieures et extérieures ainsi qu'à la capacité de l'aéronef. Comme pour les tableaux précédents, on observe que le PC-12 se compare avantageusement aux bimoteurs ciblés.

Tableau 3.6 : Dimensions, poids et capacité des aéronefs

| | Monomoteurs | | | Bimoteurs | |
|---|---|---|---|---|---|
| **DIMENSIONS EXTÉRIEURES** | **Pilatus PC-12** | **Socata TBM 700** | **Cessna 208B** | **Beech King Air 100** | **Piper PA31-350** |
| Longueur (pi) | 47.3 | 34.9 | 41.5 | 39.9 | 34.7 |
| Hauteur (pi) | 14.0 | 14.3 | 15.5 | 15.5 | 13.0 |
| Envergure (pi) | 53.3 | 41.6 | 52.0 | 45.9 | 40.7 |
| Surface ailaire ($pi^2$) | 277.8 | 193.8 | 279.4 | 279.7 | 229.0 |
| **CARLINGUE** | | | | | |
| Longueur (pi) | 16.9 | 13.3 | 21.3 | 12.4 | 10.3 |
| Hauteur (pi) | 4.8 | 4.1 | 4.5 | 4.7 | 3.5 |
| Largeur (pi) | 5.0 | 4.0 | 5.3 | 4.5 | 4.1 |
| **POIDS (lb)** | | | | | |
| À vide (standard) | 5,732 | 4,100 | 4,965 | 7,092 | 4,383 |
| Maximal au décollage | 9,920 | 6,579 | 8,750 | 11,800 | 7,000 |
| Maximal à l'atterrissage | 9,920 | 6,250 | 8,500 | | |

### 3.2.5 Autres caractéristiques

Pour des fins de comparaison, quelques autres caractéristiques méritent d'être soulignées (Tableau 3.7). Il s'agit particulièrement de la capacité des aéronefs (nombre de passagers), de l'importance relative de l'aéronef dans la flotte active, de l'instrumentation standard, ainsi que des limitations indiquées sur le certificat de type. Les caractéristiques spécifiques du Pilatus PC-12 seront présentées dans une section séparée.

Tableau 3.7 : Autres caractéristiques

| | **Monomoteurs** | | | **Bimoteurs** | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Pilatus PC-12** | **Socata TBM 700** | **Cessna 208B** | **Beech King Air 100** | **Piper PA31-350** |
| **CAPACITÉ** | | | | | |
| Nombre de pilotes | 1 ou 2 | 1 | 1 | 1 ou 2 | 1 ou 2 |
| **Nombre max de sièges passagers** | | | | | |
| Transporteur régional | 8 / 9 | 5 | 14 | 13 | 10 |
| Configuration affaire | 6 à 8 | 4 | - | 6 à 8 | 5 |
| Combi fret/passagers | 4 | - | - | - | - |
| **Charge payante maximale (lb)** | 2,640 | 1,351 | 3,288 | | |
| **Flotte en opération (en 2002)** | 370 | 125 | 1,200 | 350 | 1,827 |

Tableau 3.7(suite) : Autres caractéristiques

| |
|---|
| Les chiffres ci-dessus permettent d'évaluer l'importance relative des aéronefs dans le monde. Le Cessna et le Piper PA31-350 sont particulièrement bien représentés. Les chiffres pour le Cessna ne font pas cependant de distinction entre les différents modèles 208 ou 208B. Pour le Piper Navajo PA31-350, la production a débuté en 1973 et a pris fin en octobre 1984. La production des King Air 100 a également pris fin en 1984, pour faire place au King Air 200 dont la flotte active était de 1840 en 2000. |

Ainsi, mis à part le Cessna Grand Caravan qui offre une plus grande capacité en terme du nombre maximal de passagers et de la charge payante maximale dans la catégorie monomoteur, le Pilatus PC-12 est celui dont la capacité se rapproche le mieux de celle des bimoteurs ciblés. Nous avons observé cependant dans les tableaux 1 à 5 que les autres caractéristiques favorisent grandement cet aéronef.

## 3.3 PARTICULARITES DU PILATUS PC-12

Dans cette section, nous passons en revue les caractéristiques de sécurité du PC-12, avec une emphase particulière sur sa certification, sur les caractéristiques de sa conception et sur les procédures de maintenance.

### 3.3.1 Certification

Le Pilatus PC-12 a reçu sa certification de l'administration fédérale américaine de l'aviation (FAA) en 1994 et Transports Canada lui a délivré la sienne en 1997, année où le premier PC-12 a été introduit au Canada. Il est certifié pour des opérations commerciales de transport de passagers dans des conditions

givrantes connues. Construit sur un moteur très puissant de 1605 SHP, il n'utilise que seulement 1200 SHP pour son exploitation. Cette sollicitation moindre permet de prolonger la vie du moteur et assure ainsi une plus grande fiabilité durant le vol.

Le PC-12 est en outre le seul monomoteur à s'être qualifié avec une vitesse de décrochage à l'atterrissage supérieure à 61 KCAS à sa masse maximale opérationnelle qui est de 9920 lbs (vitesse de décrochage du PC-12 à l'atterrissage = 64 KCAS). Cette dérogation a été accordée par l'administration fédérale américaine de l'aviation civile après avoir constaté que des niveaux de protection supplémentaires ont été ajoutés aux appuis-tête et que la structure de l'appareil permettait au pilote et aux passagers de supporter une force d'impact de 24 G, ce qui est de loin supérieur aux 17G qui avaient été retenus pour définir la norme de 61 KCAS. C'est à l'appui de cette dérogation que certains auteurs (Flying Magazine, juillet 1997) affirment que le PC-12 est probablement le monomoteur le plus sécuritaire à l'heure actuelle.

Cette dérogation qui découle simplement d'un calcul mathématique n'a cependant pas été acceptée partout. En Allemagne, par exemple, la norme de 61 KCAS pour les vitesses de décrochage à l'atterrissage reste obligatoire pour les monomoteurs, ce qui oblige une réduction de la masse maximale de l'aéronef. Celle-ci est fixée à 4,1 tonnes pour une vitesse de décrochage à l'atterrissage de 61 KCAS.

En règle générale, les manufacturiers font des tests en vol pour définir la vitesse de décrochage d'un appareil. Ils inscrivent cette vitesse réelle au manuel comme référence. Même si tous les avions doivent être munis d'un système d'avertissement du décrochage, la vitesse publiée par le manufacturier est la vitesse réelle du décrochage.

Pilatus par contre n'a pas fait cette démonstration pour le PC-12. Ce manufacturier a plutôt équipé le PC-12 d'un système sophistiqué, semblable à celui d'avions modernes comme le Challenger, qui nécessite plusieurs informations (angle d'attaque de l'appareil, puissance des moteurs, etc.) et transmet ces informations à un ordinateur. Le système et son fonctionnement sont décrits au POH, section 7, page 7-116 [3.2].

Dépendamment de ces données, l'ordinateur va activer une indication sonore en même temps qu'une vibration de la colonne de contrôles pour avertir le pilote de la situation. Cet avertissement (Stick shaker) survient environ à 10kts au-dessus de la vitesse réelle de décrochage de l'avion. Si le pilote ne corrige pas et que la vitesse continue de diminuer, l'ordinateur va activer un mécanisme (Stick Pusher) qui exercera une poussée de 50 livres sur la colonne de contrôle à environ 5 kts au-dessus de la vitesse réelle de décrochage. La vitesse de décrochage publiée par Pilatus est la vitesse d'activation du ''Stick Pusher''. Voir POH section 9, supplément 8, p.9-08-14. Il y a une note en haut de la page qui dit que le décrochage est défini par l'activation du ''Stick Pusher''.

Ce mécanisme peut être annulé par le pilote ou le copilote ce qui amènerait l'avion à décrocher à une vitesse réelle inférieure à celle publiée au POH. En mode atterrissage, la vitesse publiée varie de 50 kts à 64 kts selon le poids de l'avion et si les ailes sont gardées horizontales. C'est donc dire que le PC-12 peut décrocher à des vitesses inférieures à 64 kts. Par exemple, au poids maximum de 9920 livres, l'avertisseur s'activera à 64 kts alors que l'avion décrochera à 54 kts.

### 3.3.2 Principales caractéristiques de sécurité du PC-12

Le Pilatus PC-12 possède des caractéristiques de design qui lui permettent d'être conforme aux exigences de la réglementation pour le transport de

passagers en vols IFR/IMC et assurer une plus grande sécurité de ses opérations. En particulier, il possède :

a) d'excellentes performances ascensionnelles, soit 18 minutes ou une distance de 62 nm[5] pour atteindre une altitude de 25000 pi;
b) une capacité exceptionnelle de planer en cas d'extinction en vol du moteur : 32 minutes ou une distance de 75 nm à partir de 25000 pi d'altitude et à une vitesse aussi basse que 110 KIAS[6].

Ces deux caractéristiques permettraient donc à un Pilatus PC-12 :

- d'expérimenter une extinction du moteur durant son ascension jusqu'à 25,000 pi et de pouvoir effectuer un atterrissage forcé au point de départ en toute sécurité ;
- de planer et d'atterrir à tout aéroport de dégagement situé dans un rayon de 75 nm à partir d'une altitude de 25000 pi dans les conditions normales ;
- de planer durant 32 minutes à une vitesse assez faible et des conditions de vol stable pour permettre l'exécution de toutes les procédures d'urgence et préparer les passagers à un atterrissage d'urgence.

Le PC-12 possède en outre :

c) une très basse vitesse de décrochage à l'atterrissage comparativement aux bimoteurs et des caractéristiques de manœuvrabilité à basse vitesse, particulièrement en cas d'extinction du moteur ;
d) un groupe motopropulseur PT6A-67B, le plus puissant des PT6 installés sur les monomoteurs étudiés (TBM 700, Cessna) . Comme pour toute la famille PT6, le PT6A-67B bénéficie des améliorations par P&WC dont :

---

[5] nm : *(nautic mile) :* Noeud marin (1,8 km)
[6] KIAS *(Knots Indicated Airspeed)*: Vitesse d'un aéronef lue sur l'indicateur de vitesse anémométrique, corrigée pour refléter un écoulement en compression adiabatique en atmosphère type, au niveau de la mer.

- une commande manuelle pour le contrôle de carburant en cas de mauvais fonctionnement du système pneumatique de l'unité de contrôle de carburant ;
- un limiteur de couple moteur pour prévenir toute surcharge et faciliter la tâche du pilote ;
- un détecteur de limaille pour signaler toute présence de fragments métalliques dans le moteur et une dégradation possible du moteur ;
- un conduit d'échappement assez fort pour tenir compte des forces gyroscopiques plus grandes d'un aéronef monomoteur ;
- un dispositif qui permet de vérifier manuellement la condition du moteur ;
- un système *optionnel* de surveillance automatique des paramètres du moteur (*obligatoire* en Australie pour la certification commerciale IFR/IMC) ;

e) une grande capacité de carburant et un grand rayon d'action (comparativement aux aéronefs étudiés) qui permettent à cet aéronef d'opérer dans des régions éloignées et difficiles d'accès ;

f) des systèmes et instrumentations de pointe comme :
- l'avertisseur et système de prévention du décrochage ;
- les instruments électroniques de vol, indicateurs électroniques d'altitude et de direction ;
- un système GPS[7] approuvé IFR et couplé au ''Flight Director'';
- un système de test automatique de l'affichage électronique ;
- une capacité de montrer visuellement la localisation des aéroports et des aides de navigation à tout moment sur le EHSI[8], ce qui augmente considérablement les chances d'être averti des situations d'urgence sur la capacité de planer jusqu'à un aéroport de dégagement ;

[7] GPS:Global Positioning System
[8] EHSI: Electronic Horizontal Situation Indicator

- la présence de redondances pour assurer l'affichage d'informations critiques de vol et de navigation en cas d'extinction du moteur;
- un système d'information sur l'état du moteur (EIS[9]) avec des avertisseurs de limitation de moteur, le statut de carburant et l'information intégrée de résistance ;
- des systèmes d'avertissement et d'alerte dans le cockpit (CAWS[10]) pour attirer l'attention et montrer les situations normales de système ;
- un système simple de gestion de carburant (i.e. auto-équilibrage);
- un système simple de démarrage du moteur ;
- deux générateurs (300 ampères et 130 ampères);
- un horizon artificiel de secours avec l'alimentation de secours (optionnelle) pour le GPS et le Nav/Com[11] ;
- une grande capacité de dégivrage et une protection plus accrue contre le gel ;

g) une protection accrue contre la pluie et le gel comprenant :
- un dégivrage pneumatique des ailes et empennages ;
- un dégivrage pneumatique du stabilisateur horizontal ;
- une entrée d'air moteur dégivrée par gaz chauds ;
- un dégivrage électrique de l'hélice ;
- un dégivrage automatique de la sonde d'avertissement du décrochage ;
- un dégivrage électrique des pare-brise ;

h) un système d'oxygène de secours avec :
- 1 système supplémentaire d'oxygène;
- 1 cylindre d'oxygène;
- 2 masques avec micro pour l'équipage (Quick dunning) ;
- 9 masques pour les passagers.

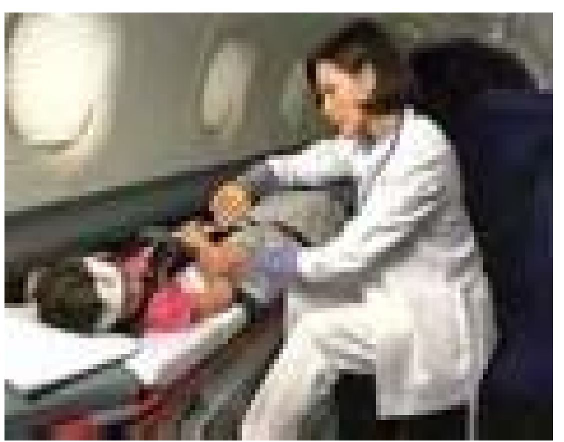
[9] EIS: Electronic Instruments System
[10] CAWS: Cabin Awareness & Warning System
[11] Nav/Com: Navigation / Communications

Il est important de souligner ici que les équipements et instrumentations listés aux paragraphes f), g) et h) ne représentent pas des options. Ils sont obligatoires pour la certification IFR et VFR de nuit et sont installés à l'usine sur tous les monomoteurs approuvés (Cessna Grand Caravan et TBM 700).

Les images ci-dessous illustrent les principales configurations du PC-12 en fonction des ses utilisations ; de l'aviation d'affaires (figure 3.7(a)) au transport de fret (figures 3.7 (c)) en passant par son utilisation pour l'évacuation médicale (figures 3.7 (b)). La figure 3.7 (d) montre quant à elle l'intérieur du cockpit.



(a) : Configuration affaires



(b) : Évacuation médicale



(c) : Transport de fret



(d) : Intérieur du cockpit

Figure 3.7 : PC-12 : Configurations, utilisation et intérieur du cockpit

## 3.4 NORME ET CERTIFICATION

La norme canadienne à respecter pour le transport de passagers dans un aéronef monomoteur pour les vols IFR ou VFR de nuit est décrite au chapitre 2. Nous rappelons simplement qu'au Canada :

*a)* seuls les avions à moteur à turbine de série sont admissibles;

*b)* la moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF) démontrée du moteur à turbine du type d'avion en cause doit être de 0,01/1 000 ou moins établie sur 100 000 heures de service et

*c)* la formation du pilote doit être conforme au paragraphe 723.98(24)[12].

Pour les exigences relatives aux équipements de l'avion et à la formation des pilotes, le lecteur est invité à lire le chapitre 2.

Deux modèles de PC-12 sont actuellement proposés : le PC-12/41 et le PC-12/45. Le premier présente une masse maximale au décollage de 4,1 tonnes alors que le second est caractérisé par une masse maximale au décollage de 4,5 tonnes. Tous les PC-12 canadiens sont des PC-12/45. La vitesse de décrochage à l'atterrissage du premier est de 61KCAS, une norme largement acceptée depuis 1948 pour tous les monomoteurs. La vitesse de décrochage à l'atterrissage pour le second est de 64 KCAS et n'est pas nécessairement en conformité avec la réglementation de certains pays comme l'Allemagne. C'est ce qui explique pourquoi le PC-12/45 n'est pas encore approuvé dans quelques pays européens (Tableau 3.8). Il faut noter que même aux États-Unis, l'homologation du PC-12/45 est le résultat d'une dérogation, qui n'est justifié que par un simple calcul mathématique.

---

[12] Voir détails au chapitre 2

Des demandes d'homologation du PC-12/45 sont à l'étude en Autriche, au Japon, en Suède, aux Bahamas et en Finlande. L'Autriche s'est déjà engagée à homologuer l'aéronef. Pour les autres pays cités, aucun résultat n'est attendu puisque Pilatus n'a pas encore de client dans ces pays.

Tableau 3.8: Liste des certifications du PC-12 dans le monde

| **Certifications accordées au PC-12** | **PC-12/41** | **PC-12/45** |
|---|---|---|
| Suisse | X | X |
| États-Unis | X | X |
| Australie | X | X |
| Japon | X | - |
| Afrique du Sud | X | X |
| Autriche | X | - |
| Allemagne | X | - |
| Brésil | X | X |
| Canada | X | X |
| Argentine | X | X |
| Norvège | X | X |
| Denemark | X | X |
| Kenya | X | X |
| France | X | - |
| Pays-Bas | X | X |
| Mexique | X | X |

| **Homologations en attente** |
|---|
| Autriche (PC-12/45) |
| Japon (PC-12/45) |
| Suède |
| Bahamas |
| Finlande |

Alors que les autorités autrichiennes se sont déjà engagées à homologuer le PC-12/45, la France et l'Allemagne refusent toujours d'homologuer le PC-12/45, principalement en raison de sa vitesse de décrochage à l'atterrissage supérieure à 61 KCAS et les objections de la JAA (voir paragraphe 2.3.3 du chapitre 2). Il faut noter qu'en général, les autorités ne délivrent un certificat de type pour un aéronef que lorsque celui-ci est déjà présent dans la flotte du pays. Il n'y donc pas d'attente particulière pour les autres pays tant que des clients de Pilatus ne s'y seront pas manifestés.

### 3.5 SYNTHÈSE/COMMENTAIRES

Le Pilatus PC-12 est un aéronef ultra moderne, bien construit et d'une grande sophistication. Il a été spécialement dessiné pour être conforme ou même dépasser de loin les spécifications imposées par les différents organismes régissant l'aviation civile pour les vols commerciaux sur monomoteurs en vols IFR/IMC ou par vols VFR de nuit.

Toutes catégories confondues, la première cause d'accident en aviation est la fatigue due au stress du pilote. Les performances de l'appareil, l'instrumentation, les commandes de vol et l'intégrité du design sont autant d'éléments qui facilitent la tâche du pilote et augmentent le niveau de sécurité des vols IFR/IMC et VFR de nuit.

La réputation des moteurs de la famille PT6A, les performances du Pilatus PC-12 quant aux distances franchissables et à la gestion du carburant, les performances ascensionnelles et la grande capacité de planer de l'aéronef sont autant d'éléments qui font de cet aéronef une alternative intéressante aux bimoteurs établis. De plus, les faibles vitesses de décrochage du PC-12, combinées au design exceptionnel de la carlingue, augmentent de façon significative les chances de survie en cas d'atterrissage forcé lorsque l'aéroport de dégagement ne peut être atteint.

Toutes ces observations font du Pilatus PC-12 un aéronef fiable et sécuritaire. Cependant, comme on le souligne à chaque fois dans les rapports Nall [3.5] en citant la Cour suprême de justice américaine, ***« sécurité » et « absence de risque » ne sont pas deux concepts équivalents***. Le chapitre 4 de cette étude se penche justement sur l'analyse des accidents et la gestion de risque. De cette analyse découleront les recommandations quant à l'utilisation de l'appareil par le Service aérien gouvernemental (SAG) du Québec, en particulier pour toutes les missions, incluant celles en régions éloignées ou au nord du 50e parallèle.

## BIBLIOGRAPHIE

[3.1] Frawley, G.(2002). *The International Directory of Civil Aircraft*. Aerospace Publications Pty, Ltd. Australie.

[3.2] *Pilot's Operating Handbook and FOCA Approved Airplane Flight Manual PC-12,* Pilatus Aircraft ltd. CH-6370 STANS, Switzerland

[3.3] *Pilot's Operating Handbook* Socata TBM 700

[3.4] *Beech King Air A100 Pilot's Operating Handbook,* Beech Aircraft Corporation, Wichita, Kansas, U.S.A.

[3.5] *Navajo PA-31 Information Manual,* Piper Aircraft Corporation

[3.6] Pilatus Business Aircraft (2002): *Comparative Analysis: Pilatus PC-12 vs TBM 700*.

[3.5] *Navajo PA-31 Information Manual,* Piper Aircraft Corporation

[3.6] Pilatus Business Aircraft (2002): *Comparative Analysis: Pilatus PC-12 vs TBM 700*.

[3.7] Pilatus Business Aircraft (2001): *Comparative Analysis: Pilatus PC-12 vs Caravan 208B*

[3.8] Pilatus Business Aircraft (2001): *Comparative Analysis: Pilatus PC-12 vs King Air B200*

[3.9] AOPA Air Safety Foundation (2001): *Nall Report: General Aviation Accidents-Trends and Factor for 2000*. http://www.asf.org

[3.10] *Pilot's Operating Handbook Cessna 208*

# CHAPITRE IV
# FIABILITÉ, SÉCURITÉ ET GESTION DE RISQUE

Existe-t-il une différence significative entre les monomoteurs ciblés (Pilatus PC-12, Socata TBM 700, Cessna 208 et 208B) et les bimoteurs identifiés (Beech King Air 100, Piper PA31-Navajo) ? Telle est la question fondamentale à laquelle doit répondre ce chapitre. En particulier, il s'agira de trouver une réponse à la préoccupation suivante : la présence d'un deuxième moteur confère-t-il aux King Air 100 et Piper Navajo une supériorité sur les monomoteurs modernes turbopropulsés au niveau des performances et de la sécurité ?

D'après Rod Machado [4.1], un aéronef de haute performance est celui dont le moteur développe une puissance égale ou supérieure à 200 HP. Le chapitre 2 démontre hors de tout doute que les monomoteurs ciblés et bimoteurs identifiés sont tous très performants et que des aéronefs monomoteurs comme le Pilatus PC-12 présentent même des performances supérieures. La question n'est donc plus de discuter des performances de ces aéronefs, mais de démontrer que les monomoteurs sont aussi ou plus fiables que les bimoteurs identifiés et de déterminer si le risque qu'ils présentent est gérable, pour tout type de mission commerciale (703-704)[1] sur tout le territoire québécois. La littérature abonde d'avis divergents sur la question. Selon Richards L. Collins [4.2], « *les moteurs peuvent tomber en panne, mais le risque est relativement moins élevé sur un monomoteur ».* Il fait également remarquer que dans la majorité des cas, ces défaillances moteurs résultent des événements que le pilote aurait pu prévenir. De plus, *en cas de panne moteur, le monomoteur n'est rien d'autre qu'un planeur et, pour autant qu'il y a dans son rayon de planage une surface accueillante, le monomoteur atterrira en toute sécurité*.

[1] RAC 703: Exploitation d'un taxi aérien – RAC 704: Exploitation d'un service aérien de navette

Les aéronefs bimoteurs présentent par contre une complexité plus grande que les monomoteurs et il faut plus de formation et d'expérience pour obtenir la licence de pilote pour ce type d'aéronef. La présence de deux moteurs assure en général à un appareil plus de performances et une sécurité marginale théoriquement plus accrue [4.3], c'est-à-dire que *contrairement au monomoteur, si un moteur tombe en panne, l'aéronef dispose d'un autre moteur et, si le pilote est capable de gérer adéquatement la situation, on se retrouve dans une situation analogue à celle du monomoteur* ! De nouveau, il convient de rappeler que dans la majorité des cas, les pannes résultent de situations qui auraient pu être prévenues.

Théoriquement, il existe donc des différences entre les bimoteurs et les monomoteurs, autant au niveau des performances qu'à celui de la fiabilité/sécurité. Mais est-ce le cas pour les aéronefs identifiés et ciblés par cette étude ? Dans ce chapitre, nous passons en revue les considérations théoriques sur la fiabilité, la sécurité, le risque et sur la base des données du motoriste (P&WC) et des rapports d'accidents et d'incidents [4.4], [4.5] et nous tentons de valider les considérations théoriques présentées. Les performances du PC-12, l'analyse de fiabilité ainsi que les infrastructures aéroportuaires nous permettront d'évaluer le risque réel présenté par ce monomoteur et de déterminer la pertinence d'utiliser cet aéronef pour les missions de taxi aérien ou de navette dans toutes les régions du Québec. Si besoin, nous identifierons et justifierons les limites d'utilisation de l'aéronef pour ce type de missions.

## 4.1 CONSIDERATIONS THEORIQUES

Si les monomoteurs semblent théoriquement moins sécuritaires, les bimoteurs peuvent être beaucoup plus dangereux [4.6]. Cette affirmation est à nuancer cependant car, d'après les statistiques du NTSB, *les bimoteurs sont impliqués dans moins d'accidents résultant d'une défaillance du groupe motopropulseur que les monomoteurs.* Par contre, lors de ce genre d'accident, *le risque de se*

*tuer est beaucoup plus élevé sur les bimoteurs que sur les monomoteurs*. Ces conclusions se retrouvent dans différentes études statistiques dont les rapports Nall [4.7]. Dans cette section, nous répondons donc aux questions suivantes :

- est-il vrai que le risque d'accidents causés par le bris de moteur est moins élevé sur le bimoteur ?
- le risque de décès est-il plus élevé sur le bimoteur que sur un monomoteur ?

La réponse à la première question est présentée d'abord de façon théorique pour être ensuite illustrée à partir des données des rapports d'accidents/incidents. La seconde question quant à elle exploite uniquement les données des rapports d'accidents/incidents pour calculer le risque relatif de décès lors d'accidents impliquant un aéronef monomoteur comparativement à un aéronef bimoteur.

### 4.1.1 Risque d'accident causé par une défaillance du moteur

La figure 4.1 représente les modes de défaillances conduisant à la panne totale du groupe motopropulseur sur un bimoteur. La perte des deux moteurs $M_1$ et $M_2$ est, comme on peut le voir, le résultat de plusieurs facteurs qui ne sont pas nécessairement indépendants. La situation est donc plus complexe que l'on pourrait le croire et le mythe voulant que la perte d'un seul moteur sur un aéronef bimoteur ne soit pas préjudiciable représente une vision plutôt simpliste de la problématique.

#### Probabilité de panne moteur

La principale caractéristique de fiabilité d'un moteur est bien évidemment son taux moyen de bris ($\lambda$) ou, de façon équivalente, son temps moyen de bon

fonctionnement (MTBF[2]). La norme minimale requise par Transports Canada pour la certification d'un moteur d'aéronef est un MTBF d'au moins 100 000 heures. C'est dire simplement que pour un moteur donné, le taux de bris ($\lambda$) doit être inférieur à 1 panne /100 000 heures.

La seule donnée de $\lambda$ permet d'estimer la probabilité de perte d'un moteur à tout instant t lorsque le modèle exponentiel est utilisé, comme c'est généralement le cas en aéronautique [4.8]. D'autres modèles (i.e. modèle de Weibull) pourraient être utilisés si le taux de bris n'est pas constant.

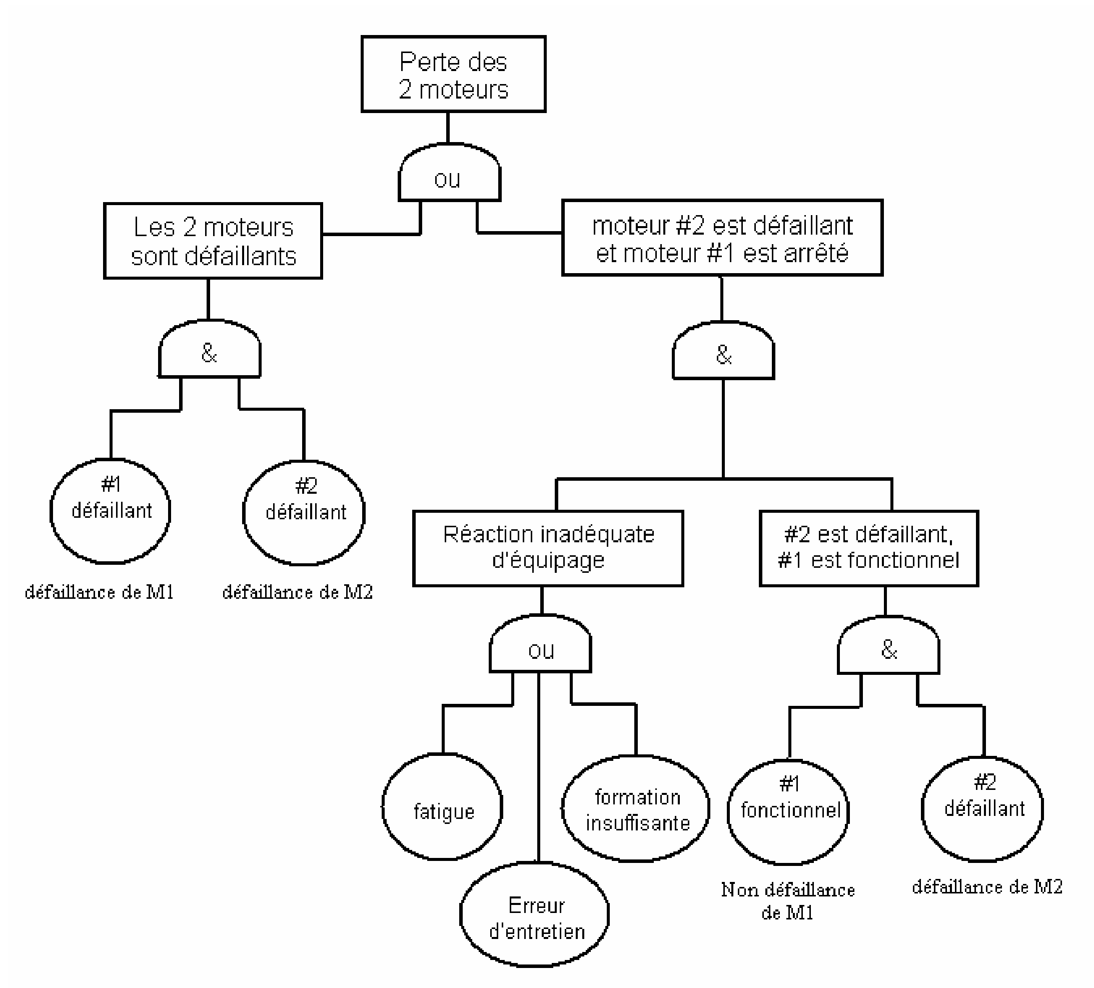



Figure 4.1: Modes de défaillances pour le bimoteur.

[2] Mean Time Between Failure (=1/$\lambda$)

Pour un aéronef monomoteur dont le groupe motopropulseur est caractérisé par un taux de bris $\lambda$, la probabilité de panne de son moteur M à tout instant t selon le modèle exponentiel est décrite par $P_M(t)$:

$$P_M(t) = 1- e^{-\lambda t} \qquad (1)$$

Pour la même période, et pour des moteurs de même performance $\lambda$, la probabilité d'observer une panne sur un aéronef bimoteur est 2 fois plus élevée, soit $2(1- e^{-\lambda t})$. La présence de plusieurs moteurs augmente donc les chances d'observer un bris ; la différence étant que ce bris n'est pas nécessairement dommageable. De fait, la *théorie veut qu'en cas de panne d'un seul moteur, le deuxième moteur puisse prendre le relais et assurer de façon sécuritaire la poursuite du vol vers l'aéroport de dégagement ou l'aéroport de destination*. Même si cette affirmation est sujette à bien des débats, nous considérerons ici que la perte des deux moteurs est la situation la plus dommageable pour un bimoteur, et sous l'hypothèse d'indépendance, la probabilité de perte simultanée de 2 moteurs à l'instant t est décrite par :

$$P_{M1\ \&\ M2}(t) = (1- e^{-\lambda t})^2 \qquad (2)$$

L'équation (2) est une estimation très optimiste de la probabilité de perte simultanée de 2 moteurs. La figure 4.1 montre en effet que l'hypothèse d'indépendance est trop simpliste et que d'autres considérations entrent en jeu. Pour une approche plus complète, on pourrait introduire un nouveau paramètre $\lambda^*$ qui tiendrait compte du taux d'extinction volontaire du deuxième moteur lorsque l'autre est en panne. Dans ce cas, la probabilité de perte des deux moteurs $M_1$ et $M_2$ serait donnée par [4.9] :

$$P_{M1\ \&\ M2}(t) = 1-2e^{-(\lambda+\lambda^*)\,t} + e^{-(2\lambda+\lambda^*)\,t} \qquad (3)$$

Cette formule (3) indique clairement que l'hypothèse d'indépendance sous-estime le risque sur un bimoteur. Il est cependant peu aisé de trouver mathématiquement une estimation raisonnable de $\lambda^*$.

Sous l'hypothèse d'indépendance et de moteurs identiques sur un monomoteur et un bimoteur, le tableau 4.1 compare les probabilités d'extinction en vol d'un ou de 2 moteurs selon que l'on vole sur un monomoteur ou un bimoteur. Dans ce tableau, $\mathbf{P_M(t)}$ désigne la probabilité d'extinction d'un moteur à l'instant t.

Tableau 4.1 : Probabilités de bris

| Probabilité d'extinction de | Monomoteur | Bimoteur |
|---|---|---|
| 1 moteur | $\mathbf{P_M(t)}$ | $2\ P_M(t)$ |
| 2 moteurs | - | $\mathbf{(P_M(t))^2}$ |

À l'évidence et sous réserve de l'acceptation des hypothèses ci-dessus, les bimoteurs présentent une probabilité très faible d'extinction simultanée des deux moteurs, ce qui leur confère une fiabilité théorique plus élevée. Ce résultat ne fait que confirmer les observations du NTSB[3], à savoir que les aéronefs bimoteurs sont moins impliqués que les monomoteurs dans des accidents ayant pour cause un bris de moteur.

Rappelons ici toutefois que ce genre d'événement est très rare, même sur un monomoteur ! De fait, pour les aéronefs approuvés par Transports Canada, $\lambda \leq 1$ panne / 100000 heures. Cela signifie, par exemple, que la probabilité d'observer une panne de moteur durant les premières 3500 heures, correspondant en général au TBO, est inférieure à 3,4%, soit une fiabilité supérieure à 96.6%. Pour un bimoteur, la probabilité d'extinction d'un seul moteur devrait donc être inférieure à 6,9%. Par contre, la probabilité d'extinction

[3] NTSB: *National Transportation Safety Board: http://www.ntsb.gov/ntsb/query.asp#query_start*

simultanée des deux moteurs est beaucoup plus faible, étant inférieure à 0,12%, toujours pour les 3500 premières heures de vol, représentant le TBO. Cela représenterait une fiabilité de 99,9%.

### 4.1.2 Risque relatif d'accident mortel

Le tableau 4.2 présente la compilation des accidents impliquant les aéronefs identifiés dans cette étude à partir de la base de données du NTSB pour la période allant de janvier 1994 à ce jour. Cette compilation qui ne tient compte que des aéronefs immatriculés aux États-Unis et au Canada est utilisée ici pour l'estimation du risque relatif de décès selon que l'on vole sur un monomoteur ou sur un bimoteur. L'intérêt de cette base de données est que la référence est commune autant pour le choix des accidents que pour les règles d'exploitation et de maintenance. Dans cette section, l'exposition au risque (nombre d'heures cumulées de vol) n'est pas prise en compte. Elle sera utilisée dans une section ultérieure pour comparer les taux d'accidents.

Tableau 4.2 : Accidents compilés à partir de la base de données du NTSB pour la période allant de 1994 à décembre 2002

| **Aéronefs** | Accidents mortels | Autres accidents | Total Accidents |
|---|---|---|---|
| PC-12 | 1 | 5 | 6 |
| TBM 700 | 2 | 4 | 6 |
| Cessna | 32 | 42 | 74 |
| **Total monomoteur** | **35** | **51** | **86** |
| BE 90 | 26 | 82 | 108 |
| BE 100 | 5 | 7 | 12 |
| PA31 | 49 | 97 | 146 |
| **Total bimoteurs** | **60** | **186** | **246** |

L'examen de ce tableau indique de façon claire la nécessité de considérer deux groupes de monomoteurs (Cessna et PC-12+TBM 700) d'un côté et deux groupes de bimoteurs (Beech King et Piper) de l'autre. La première subdivision relève bien évidemment de la longue histoire du Cessna par rapport au PC-12 et TBM 700, mais aussi du fait que le PT6A équipant le Cessna est beaucoup plus petit que ceux qui équipent le TBM 700 et le PC-12. Pour les bimoteurs, la partition est naturelle puisque les Piper sont équipés de moteurs à pistons alors que les Beech King sont des bimoteurs turbopropulsés.

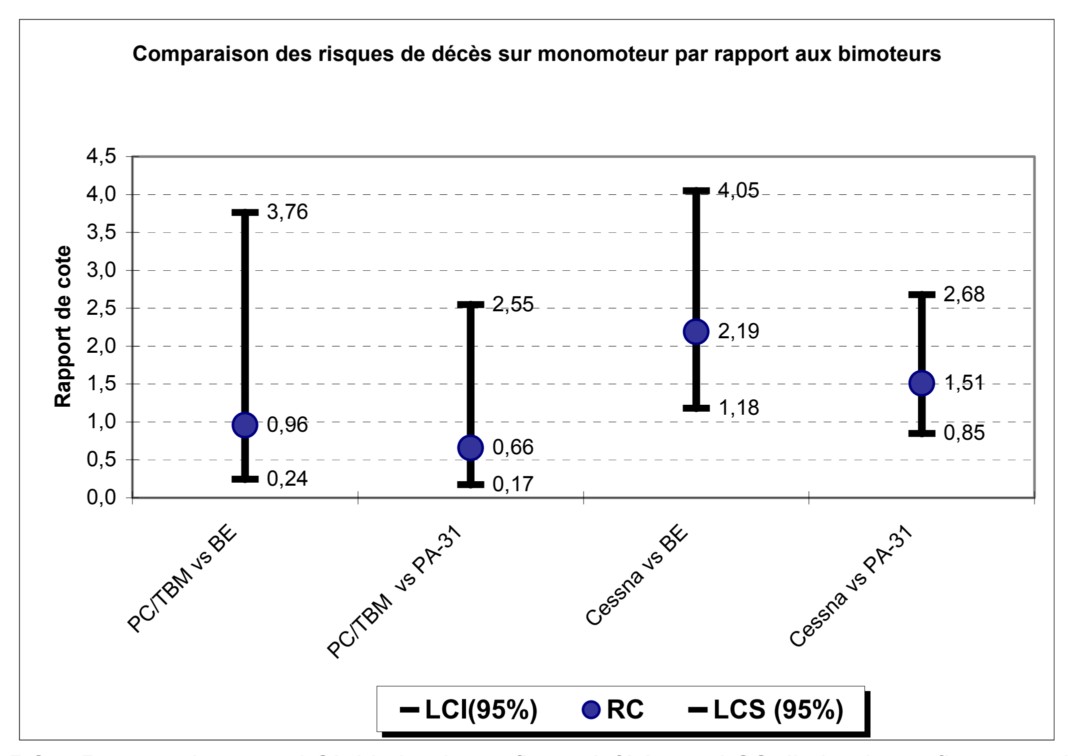
À partir du tableau 4.2, on peut voir que la cote des accidents mortels versus accidents sans décès pour le PC12 et TBM 700 est de 3/9. Celui des Beech King Air 90&100 est de 31/89. Le *rapport de cotes*[4] *(RC)* est donc 0.96, en faveur des monomoteurs PC-12 + TBM 700. Pour fin d'interprétation, le rapport de cotes indique combien de fois la sous-population visée est à risque comparativement à l'autre sous-population. Ainsi, un *RC*<1 signifie que la sous-population visée présente moins de risque. Le risque est le même si *RC*=1, et un *RC*>1 joue en défaveur de la sous-population visée. Théoriquement, on voit que le PC-12 et le TBM 700 semblent relativement moins impliqués dans les accidents mortels que les bimoteurs BE 90&100 ou PA-31. Il importe cependant de ne pas perdre de vue l'incertitude entourant les estimations ; d'où la nécessité d'accompagner les estimations de *RC* par leurs intervalles de confiance (LCI = limite de confiance inférieure ; LCS = limite de confiance supérieure). Dans le cadre de cette étude, les estimations des *RC* et de leurs intervalles de confiance à 95% sont obtenues à l'aide du logiciel SISA[5] (Figure 4.2).

Le principal résultat de cette comparaison est bien évidemment le fait que les monomoteurs PC-12 et TBM 700 semblent présenter une sécurité meilleure ou

[4] Voir annexe 4A
[5] ***SISA***: *Simple Interactive Statistical Analysis, version 2.0.* ShareIt.inc.

égale aux bimoteurs identifiés (*RC*=0,96 contre la famille Beech King Air 90&100 ; *RC*=0,66 contre les Piper PA31). Statistiquement cependant, les intervalles de confiance montrent que *l'on ne peut affirmer hors de tout doute (à 95%) que les monomoteurs PC-12 et TBM 700 présentent moins de risque que les bimoteurs, même contre le Piper PA31*. <u>Ce résultat ne tient cependant pas compte de la cause de l'accident</u>.

La famille Cessna 208 présente clairement une moins bonne sécurité que les bimoteurs identifiés, particulièrement lorsqu'on la compare aux aéronefs de la famille King Air 90&100. On voit par exemple qu'en moyenne, les Cessna présentent 2,19 fois plus d'accidents mortels que les BE 90&100 et 1,5 fois plus que les PA-31. Ici aussi la cause de l'accident n'est pas prise en compte.




RC = *Rapport de cotes; LCI=Limite de confiance inférieure, LCS=limite de confiance supérieure*

<u>Figure 4.2</u>: Comparaison des risques de décès suite à un accident (données du tableau 4.2)

### 4.1.3 Causes générales des accidents

Dans le cadre général de cette étude, nous passons en revue les principales causes des accidents, en insistant particulièrement sur les risques présentés par les différentes phases de vol, que l'on opère un monomoteur ou un multimoteur. Les données du rapport Nall 2001 [4.7] nous servent de référence pour cette section et seuls les accidents impliquant des monomoteurs à train d'atterrissage rétractable ou des multimoteurs sont considérés. La figure 4.3 présente les accidents recensés par le rapport Nall 2001 [4.7] par phase de vol. Il est important de rappeler ici que les accidents sont analysés pour comparer le risque relatif et, qu'en conséquence, le besoin de considérer l'exposition au risque à ce stade n'est pas opportun. Le rapport de cotes est utilisé ici pour notre objectif de comparaison.

#### A. Accidents selon les phases de vol

La figure 4.3 montre que les phases de décollage/montée, atterrissage, descente/approche génèrent la majorité des accidents observés, que l'on soit sur un monomoteur ou un multimoteur. Toutefois, si on considère la dangerosité des différentes phases de vol, ce sont les phases de décollage/montée et d'approche/descente qui sont les plus dangereuses. Soulignons aussi que bien que peu fréquents, les accidents causés par les conditions météorologiques présentent une dangerosité de près de 100%, quel que soit le type d'aéronef (voir Figure 4.4), une observation que l'on retrouve également dans un rapport sur les accidents en Alaska [4.10].

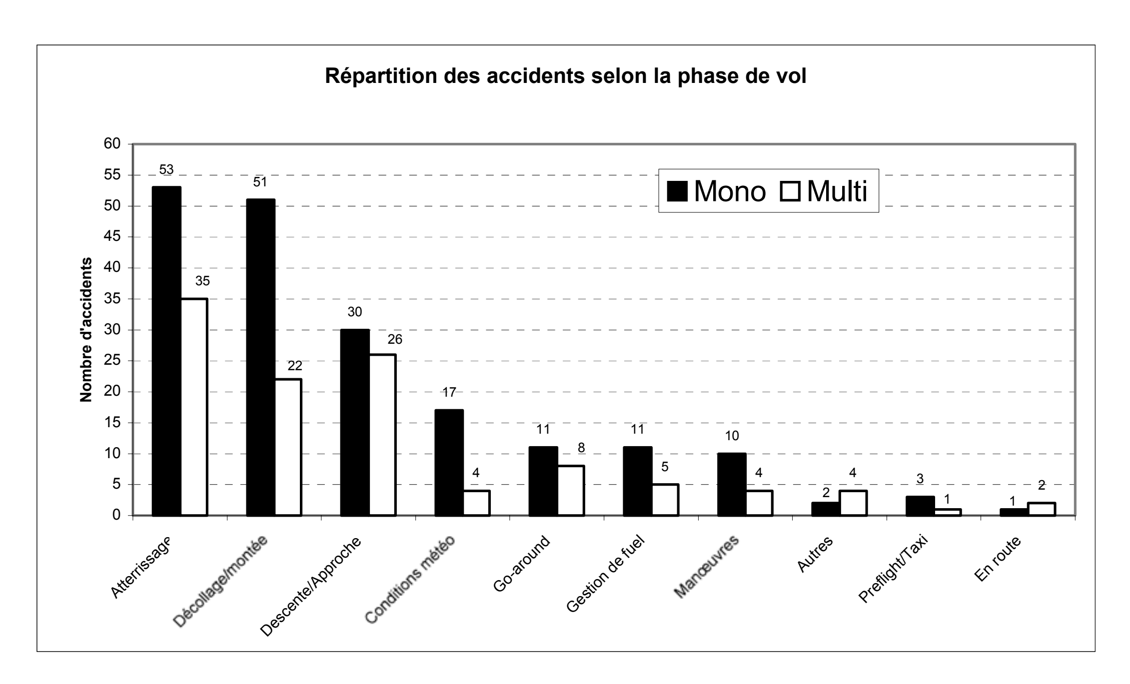



Figure 4.3 : Accidents selon les phases de vol (compilés à partir du rapport Nall 2001 [4.7])

En 2000, les monomoteurs à train d'atterrissage rétractable ont été impliqués dans 189 accidents, dont 56 mortels. Les 4 phases de vol les plus dangereuses (94% des accidents mortels) ont été :

- le décollage et l'ascension (51 accidents (27%) dont 17 avec décès (30,4%)) ;
- les conditions météorologiques (17 accidents (9%) dont 16 avec décès (28,6%)) ;
- la descente et l'approche (30 accidents (16%) dont 12 avec décès (4 VFR et 8 IFR) (21,4%)) ;
- les différentes manœuvres en vol (10 accidents (5,3%) dont 8 avec décès (14,3%))

Les mêmes considérations sur les aéronefs multimoteurs révèlent que ceux-ci ont été impliqués dans 111 accidents dont 40 avec décès. En particulier, les 3 phases de vol les plus dangereuses (72,5% des accidents mortels) ont été :

- la descente et l’approche (25 accidents (23,4%) dont 18 avec décès (45%) (8 VFR ; 8 IFR ; 2 non spécifiés)) ;
- le décollage et l’ascension (22 accidents (19,8%) dont 7 avec décès (17,5%)) ;
- les conditions météorologiques (4 accidents (3,6%) tous avec décès (10%)) .

Le rapport Nall indique cependant que, *dans 70,2% des accidents observés en général et dans 67,8% des accidents avec décès en particulier, la cause de l’accident était le résultat d’une erreur de pilotage*. On note aussi que la phase de décollage et de montée représente près de 55% des accidents en général et 17,5% des accidents mortels en particulier et que cette phase est critique quel que soit le type d’aéronef en opération. La dangerosité des différentes phases de vol est présentée à la figure 4.4.

On y observe que même si les accidents causés par les conditions météorologiques ont été peu nombreux (figure 4.3), le risque de mortalité avoisinait le 100%. Par contre, le risque relatif était pratiquement le même lors de la phase de décollage/montée. La différence était particulièrement marquée lorsque l’accident avait lieu lors de la phase approche/descente, les multimoteurs étant plus sujettes à être impliqués dans des accidents avec décès. Les facteurs contributifs sont bien évidemment les vitesses de croisière et de décrochage plutôt élevées comparativement aux monomoteurs, ainsi que le poids plus grand des aéronefs.

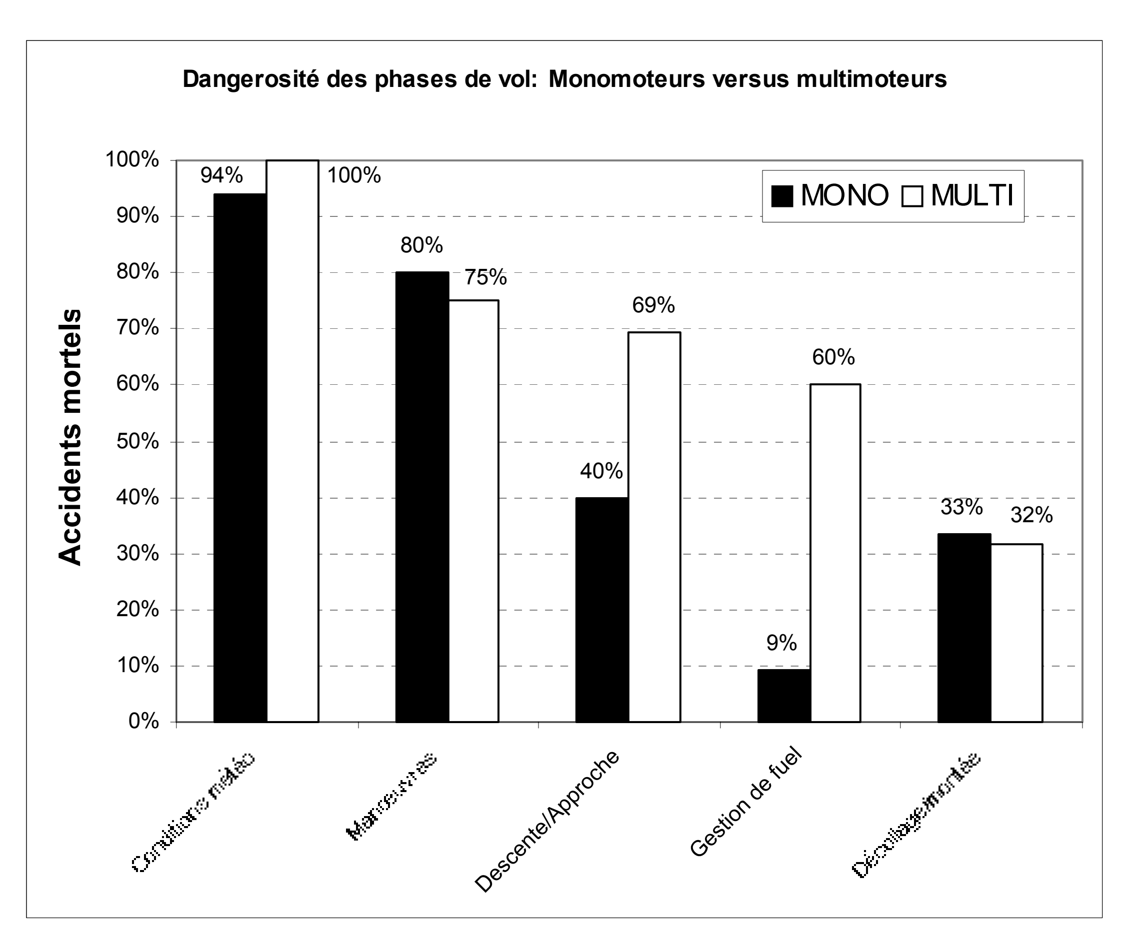



Figure 4.4 : Dangerosité des différentes phases de vol (compilée à partir du rapport Nall [4.7])

Sans égard à la cause de l'accident, le rapport de cotes indique que les monomoteurs semblent plus dangereux que les multimoteurs lors de la phase décollage/montée (*RC* = 1,889). L'estimation des intervalles de confiance à 95% ne permettent pas de confirmer cela hors de tout doute. (0,688 ≤ RC ≤ 5,18). Pour la phase de descente/approche, les monomoteurs sont largement plus sécuritaires avec un rapport de cotes *RC* = 0,296. Cela est confirmé par les limites de confiance inférieure à 95% (0,098 ≤ RC ≤ 0,897). Concrètement, on ne peut affirmer hors de tout doute à 95% que les monomoteurs soient moins ou plus sécuritaires que les aéronefs multimoteurs dans la phase décollage/montée, même si le rapport de cotes est de 1.889. Par contre, les données indiquent clairement que la phase descente/approche est plus

sécuritaire lorsque l'on vole sur un monomoteur. Les très basses vitesses de décrochage à l'atterrissage y sont bien évidemment pour quelque chose. Dans la section suivante, nous passons en revue la problématique de la phase de décollage/montée sur un bimoteur lorsqu'un moteur est inopérant. Mais comme on l'a déjà indiqué, la probabilité de cet événement est relativement faible.

**B. Facteurs d'accidents**

Depuis que les rapports Nall sont publiés, on observe que *70% des accidents en général et 68% des accidents mortels en particulier sont causés par des erreurs pouvant être associées au pilote*.

Le décollage et l'atterrissage ne comptent que pour 5% de la durée totale du vol, mais ces deux phases cumulent à elles seules 55% des accidents pour lesquelles les procédures d'urgences sont normalement connues. Dix-sept pour cent (17%) des accidents mortels observés en 2000 ont eu lieu durant ces phases de décollage (14,4%) et d'atterrissage (2,7%). Le décollage est bien évidemment la phase la plus dangereuse, la cause des accidents étant le plus souvent une perte de contrôle ou un décrochage. La majorité des accidents à l'atterrissage étaient le résultat d'une perte de contrôle dans des conditions de rafales ou par vents de travers.

Les accidents dus aux conditions météorologiques ont généré 19% des accidents mortels, le facteur aggravant étant dans ce cas l'obscurité ou l'absence totale de visibilité. Les accidents causés par les manœuvres non appropriées du pilote pendant le vol ont compté pour 23,7% des accidents mortels.

**C. Deux pilotes ou un seul pilote ?**

La réglementation canadienne pour les vols commerciaux SEIFR impose la

présence d’un pilote automatique ou d’un copilote. Est-ce que cela a un impact positif sur l’occurrence des accidents ?

Les données colligées par Brieling et Associates [4.4] (Tableau 4.3) permettent de répondre affirmativement à cette question. Le rapport de cotes indique à cet effet que le risque d’accident lorsqu’un aéronef est sous le contrôle d’un seul pilote est 1,5 fois plus élevé que lorsque l’on a 2 pilotes (*RC*=1,5). Le calcul des intervalles de confiance à 95% renforce cette affirmation *(1,1≤RC≤2,05)*.

Tableau 4.3 : Nombre de pilotes impliqués (compilé à partir des données de Breiling [4.4])

| Pilotes | Accidents | Pas d’accident | Cote[5] |
|---|---|---|---|
| 1 | 125 | 14 893 | 0,0084 |
| 2 | 58 | 10 378 | 0,0056 |
| | | ***RC=*** | ***1,5*** |

### 4.1.4 Risque au décollage avec un moteur inopérant

En dépit des statistiques, beaucoup croit que le seul fait qu’un aéronef présente un deuxième moteur est une garantie que la mission sera tout de même assurée, advenant la panne d’un seul moteur. Le taux d’accidents des bimoteurs légers comme ceux qui font l’objet de notre étude est une indication que beaucoup de pilotes n’ont pas encore compris que :

- les performances ascensionnelles d’un aéronef bimoteur de la catégorie étudiée sont pratiquement réduites de 80% lorsqu’un moteur est inopérant ;

[5] Voir annexe 4.A

- l’exploration du régime $V_{MC}$[6] à une altitude proche du sol est pratiquement une voie assurée vers un accident mortel.

Il est vrai toutefois que la fréquence des accidents causés par un bris de moteur est très faible. Toutefois, lorsqu’ils ont lieu, le risque de décès est très élevé.

L’objectif de cette section n’est pas de débattre les mérites d’un bimoteur versus un monomoteur. À l’évidence, le bimoteur présente un avantage certain sur un monomoteur en cas de panne d’un moteur, particulièrement dans la phase croisière et, si et seulement si le pilote à bord maîtrise parfaitement les options réelles qu’offre le deuxième moteur, durant les phases de décollage et d’approche également.

Le décollage est la phase la plus critique pour le pilote d’un bimoteur léger comme le Beech King Air 100 ou le Piper PA-31 mais, advenant une panne d’un moteur, il peut se prévaloir de l’option de continuer le vol, ce qui ne peut être le cas pour un monomoteur. Plus souvent, le deuxième moteur fournira un peu plus de temps pour le choix de la tâche la plus simple, si on suppose que la perte du moteur survient avant que l’aéronef n’ait atteint une altitude de manœuvre (entre 300 et 500 pi). Ces quelques secondes de plus, si elles sont bien gérées, peuvent fournir un avantage non négligeable au pilote du bimoteur, s’il maîtrise bien évidemment son appareil. Par contre, il ne faut pas oublier l’effet de la force asymétrique lors de l’arrêt en vol d’un moteur sur un bimoteur.

Les standards de certification pour les aéronefs bimoteurs de moins de 12500 lb sont contenus dans FAR Part 23. Ces standards distinguent deux catégories de bimoteurs légers : ceux de moins de 6000 lb et ceux dont le poids est compris entre 6000 et 12500 lb. Les aéronefs de 6000 lb ou moins se subdivisent

[6] Vitesse minimale de contrôle ($V_{mc}$) - vitesse minimale nécessaire, suite à une panne soudaine du moteur critique, pour conserver la maîtrise de l'avion et le maintenir en vol rectiligne en braquant le gouvernail de direction au maximum et sans que l'inclinaison latérale dépasse 5°.

ultérieurement en deux catégories selon que la vitesse de décrochage à l'atterrissage est inférieure ou supérieure à 61 KCAS.

Les aéronefs bimoteurs dont la vitesse de décrochage $V_{so}$ est supérieure à 61 KCAS doivent démontrer des performances de montée lorsqu'un moteur est inopérant pour obtenir leur homologation. Cette condition est cependant moins contraignante sous les standards définis par FAR Part 23. De fait, la réglementation stipule que le bimoteur de cette catégorie doit démontrer des performances de montée à 5000 pi (ISA[7]) avec un moteur inopérant, ces performances étant déterminées par la formule donnée par [4.6] :

$$\textit{Taux de montée} = 0{,}027\,(V_{so})^2 \qquad (4)$$

La seule contrainte est donc de démontrer un taux de montée à 5000 pi déterminé par la formule (4). Rien d'autre dans FAR Part 23 ne garantit qu'un aéronef de cette catégorie démontre un taux de montée positif dans sa configuration au décollage au niveau de la mer, la seule contrainte étant de démontrer un taux de montée à 5000 pi. Une note interne de la FAA[4.6] exprime cette lacune de la façon suivante : « *Il n'y a rien qui indique dans FAR 23 que les petits bimoteurs doivent continuer de voler (maintenir l'altitude) en configuration de décollage avec un moteur inopérant. De fait, plusieurs des petits bimoteurs n'ont même pas à démonter des performances de montée avec un moteur inopérant dans aucune des configurations, même au niveau de la mer. En ce qui concerne la performance (et non la contrôlabilité) dans la configuration de décollage ou d'atterrissage, le petit bimoteur n'est dans ce contexte qu'un simplement monomoteur dont la puissance est divisée en deux petites entités ».*

Lors des cours de pilotage, on insiste beaucoup sur le fait que la perte d'un moteur sur un bimoteur ne réduit pas sa puissance de moitié, mais bien d'environ 80% ou même plus, particulièrement pour les bimoteurs à pistons. Les

---

[7] International Standard Atmosphere

taux de montée avec moteur inopérant sur les King Air 100 et Piper PA31 à leur charge maximale étant de 450 pi/min et 230 pi/min, respectivement la perte de puissance avec un moteur inopérant est de 83% pour le PA31 et de 75% pour le King Air 100 !

Rappelons ici que contrairement au FAR Part 23, la certification FAR Part 25 exige que les bimoteurs démontrent des performances continues lorsqu'un moteur est inopérant. Tel est le cas, par exemple de Beech King Air 200 qui, bien évidemment, sort du cadre de cette comparaison. Pour résumer la problématique posée ici :

- la perte d'un moteur sur un aéronef bimoteur certifié FAR Part 23 signifie une réduction de près de 80% au niveau des performances de montée ;
- la certification FAR Part 23 n'exige pas que les bimoteurs démontrent des performances continues au décollage lorsqu'un moteur est inopérant.

Soulignons toutefois qu'en général, la probabilité de perte d'un moteur est très faible et, très souvent, les accidents résultent de causes attribuables à une action non conforme du pilote.

## 4.2 FIABILITE DES GROUPES MOTOPROPULSEURS

Hormis le Piper PA-31, tous les aéronefs identifiés dans cette étude sont montés sur les moteurs de la famille PT6A du motoriste P&WC. Les paramètres des moteurs et les problèmes identifiés nous parviennent donc de cette entreprise. Deux catégories de ce moteur sont en utilisation : le petit et le gros PT6A.

Le gros PT6A est un moteur léger à turbine libre, offrant une gamme de puissance équivalente sur l'arbre de 1090 à 1927 HP (ESHP). Il est conçu en fonction de l'aviation d'affaires et de l'aviation régionale. En outre, des versions

spécialisées de ce moteur équipent des appareils utilitaires ou militaires.

Le moteur comprend essentiellement un compresseur multiétages, une turbine de compresseur monoétage et une turbine de travail biétages, indépendante, qui mène l'arbre de sortie en passant par un boîtier réducteur. Le moteur peut servir en configuration tractive ou propulsive.

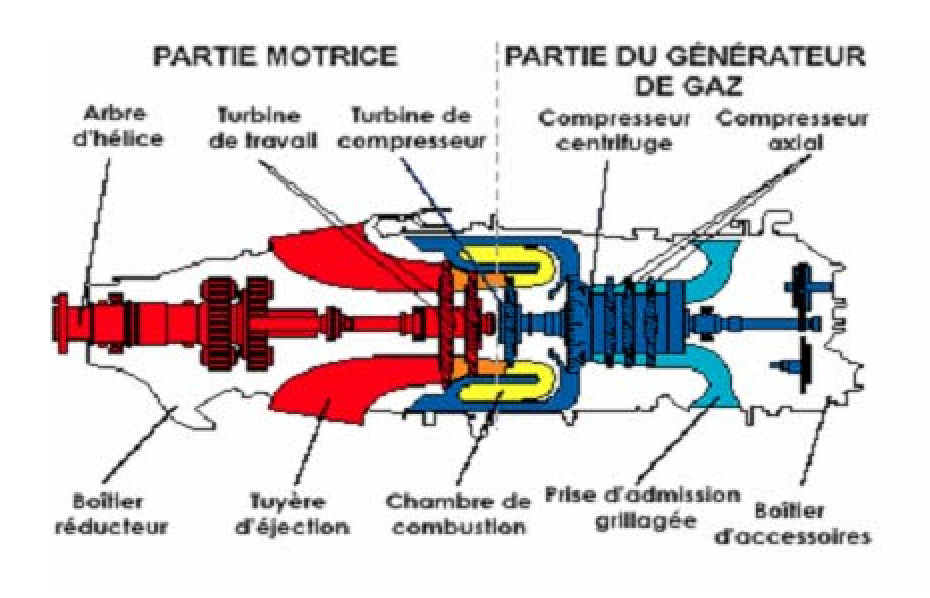



Figure 4.5: Structure du moteur PT6A (gracieuseté de P&WC)

Le petit PT6A est un turbopropulseur à écoulement indirect (débit d'air inversé) dont la gamme de puissance équivalente sur l'arbre va de 668 à 944 ESHP. Il s'agit, dans sa catégorie, de la turbine à gaz la mieux vendue dans le monde. Depuis la première production de série en 1964, plus de 60 versions du moteur PT6A ont été homologuées.

Ce moteur équipe de nombreux types d'appareils utilisés pour l'aviation d'affaires, ainsi que dans des applications régionales (commuter), utilitaires et agricoles. Le PT6A équipe également la plupart des avions d'entraînement à turbopropulseur qui sont en exploitation ou en cours de mise au point dans le monde occidental. Dans ces applications, le moteur incorpore un circuit d'huile

spécial permettant le vol sur le dos.

Nous observons donc à cette étape que le Pilatus PC-12 et le TBM700 sont les seuls aéronefs ciblés à être équipés des gros PT6A. Le PC-12 est doté d'un moteur PT6A-67B ayant une puissance thermodynamique de 1669 ESHP et le TBM-700 est doté d'un moteur PT6A-64 avec une puissance thermodynamique de 1583 ESHP. Tous les autres aéronefs monomoteurs ou bimoteurs sont plutôt équipés de petits moteurs PT6A.

### 4.2.1 Paramètres de fiabilité

Le tableau 4.4 présente les paramètres estimés des différents groupes motopropulseurs en terme du taux d'extinction en vol sur une période de 36 mois (3 ans) ou, de façon équivalente, en terme de temps moyen de bon fonctionnement (MTBF). Les estimations sont fournies par P&WC et ne tiennent compte que des problèmes pour lesquels la cause première est le moteur. Les défaillances secondes comme le manque de carburant sont exclues de cette estimation. Il en est de même pour les cas où les enquêtes ne sont pas encore terminées.

Pour rendre les statistiques significatives, les monomoteurs PC-12 et TBM 700 ont été regroupés en raison du nombre restreint de moteurs comparativement aux autres groupes. Les paramètres des moteurs (taux d'extinction en vol du moteur) et leurs intervalles de confiance sont présentés au tableau 4.4 et à la figure 4.5.

Tableau 4.4 : Paramètres de fiabilité des moteurs (1999-2002) (données de P&WC, sauf pour les intervalles de confiance qui sont calculés)

| **Type de moteur** | **Nb Moteurs** | **Heures cumulées** | $\lambda_{INF}$ **(95%)** | $\lambda$ **($10^3$) hres$^{-1}$** | $\lambda_{SUP}$ **(95%)** |
|---|---|---|---|---|---|
| PT6A-64 & A-67B (TBM 700 et PC-12) | 472 | 516 091 | 0,003 | **0,008** | 0,020 |
| PT6A-114 & 114A (Cessna 208 et 208B) | 1 169 | 2 206 143 | 0,001 | **0,003** | 0,006 |
| PT6A-27 et A-28 (BE 90 et BE 100) | 3 290 | 6 088 203 | 0,001 | **0,002** | 0,003 |
| PT6A-41 & A-42 (BE 200) | 4 239 | 5 631 114 | 0,004 | **0,006** | 0,008 |

Dans ce tableau, $\lambda$ est le taux d'extinction en vol du moteur. $\lambda_{INF}$ (limite inférieure à 95%) et $\lambda_{SUP}$ (limite supérieure à 95%) sont calculées en supposant un modèle exponentiel pour la fiabilité [4.9].

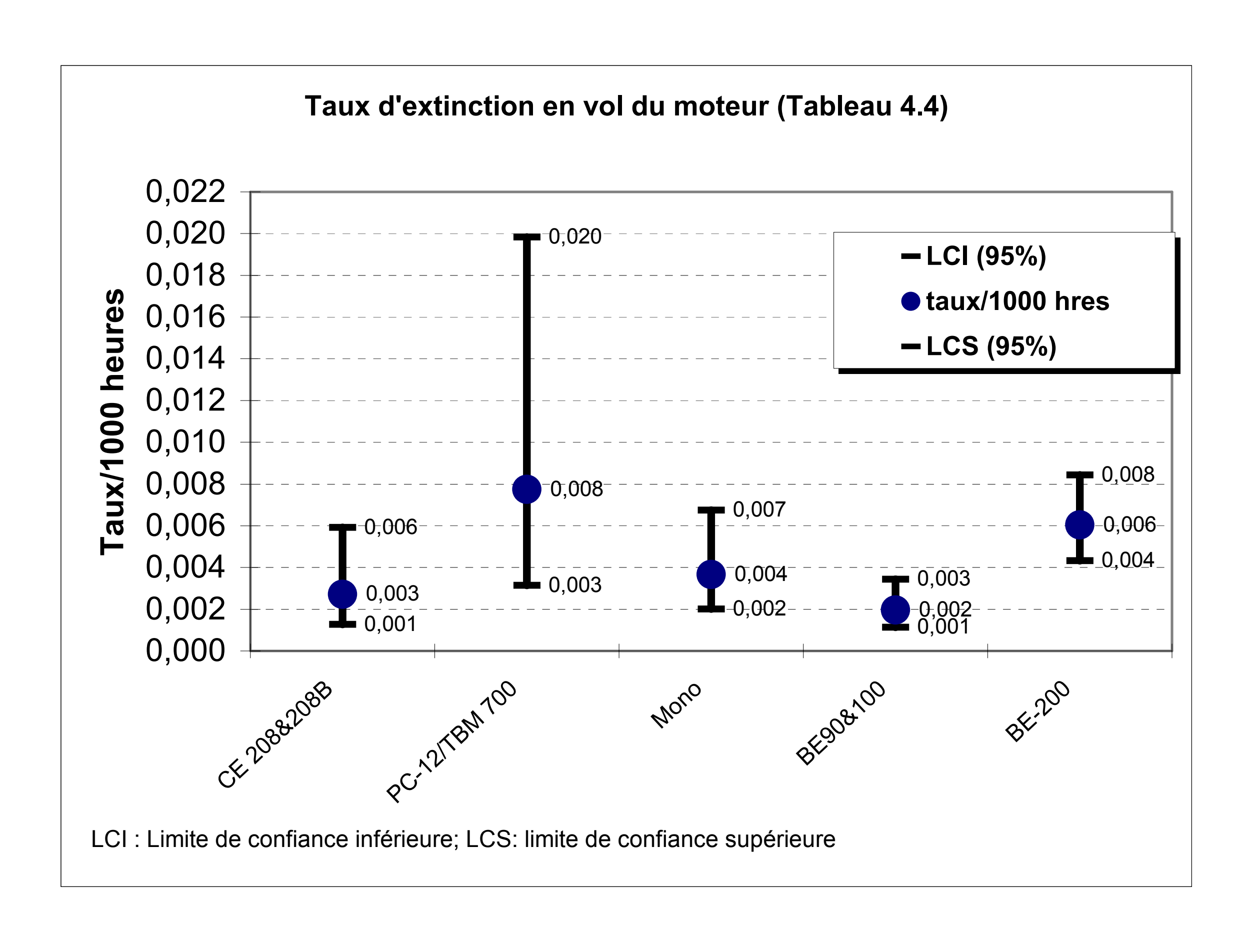



Figure 4.5: Taux d'extinction en vol des moteurs PT6A (2000-2002)

Pour les données de cette période (2000-2002), on observe que le taux d'extinction en vol des aéronefs identifiés varie entre 0,002/1,000 heures pour la famille BE90& 100 à 0,008/1,000 heures pour le groupe PC-12/TBM 700. Les intervalles de confiance à 95% démontrent cependant que *l'on ne peut affirmer hors de tout doute que le monomoteur soit moins sécuritaire que le bimoteur, du moins au point de vue de la fiabilité du groupe motopropulseur*. On note toutefois que l'intervalle de confiance pour le groupe TBM 700 et PC-12 est très large. Ceci est dû au fait que le nombre de monomoteurs en utilisation est relativement peu élevé par rapport aux autres groupes et que, pour la même raison, le nombre d'heures cumulées de vol est relativement faible. Nous rappellerons bien évidemment que les normes de Transports Canada sont de 0,01/1000 heures et que comme le montrent les résultats obtenus, tous les

aéronefs turbopropulsés visés par cette étude dépassent de loin cette norme.

Les données actuelles de fiabilité des moteurs Lycoming (Piper PA31) n'ont pas pu être obtenues. Les plus récentes estimations [4.11] indiquent que *la série Lycoming TIO 540 présente un taux d'extinction en vol de* ***0,127/1000 heures****, un taux excessivement élevé comparativement aux PT6A*. De plus, en raison du taux d'accidents relativement élevé de cet aéronef et le fait que la fiabilité du moteur à pistons laisse à désirer surtout par temps froid, nous considérons que la donnée actuelle n'apporterait rien de plus à cette étude.

### 4.2.2 Principaux problèmes recensés

Afin de mieux caractériser la fiabilité des moteurs visés par cette étude, nous passons en revue les différents problèmes recensés pour chacun d'entre eux. Ces données sont toutes fournies par le motoriste P&WC. Elles incluent les incidents touchant directement le moteur ainsi que tous les autres problèmes techniques ayant affecté le fonctionnement du groupe motopropulseur, y compris les problèmes non encore documentés. Les corrections apportées par le motoriste suite à l'incident sont également fournies.

Le tableau 4.5 fait le décompte, pour chaque aéronef, de tous les problèmes ayant affecté directement ou indirectement le groupe motopropulseur entre janvier 1999 et décembre 2002. La classification distingue les problèmes directement liés au moteur (*basic)* (i.e. fuite des valves, roulements, pompe de carburant) de ceux qui ont affecté indirectement les performances du moteurs (*non basic)* (i.e. panne de carburant). Les situations non encore suffisamment documentées (enquêtes en cours) sont aussi identifiées.

Tableau 4.5 : Principaux problèmes ayant affecté les performances des moteurs entre 1999 et 2002 (compilés à partir des données de P&WC)

| **Moteur** | **Problème moteur (basic)** | **Autres problèmes (non basic)** | **Problème non documenté** | **Total** |
|---|---|---|---|---|
| PT6A-67B (PC-12) | 0 | 5 | 2 | 7 |
| PT6A-64 (TBM 700) | 1 | 1 | 1 | 3 |
| PT6A-114 (Cessna) | 3 | 23 | 2 | 28 |
| PT6A-27&28 (BE90&1000) | 13 | 35 | 7 | 55 |
| PT6A-41&42 (BE200) | 36 | 36 | 13 | 85 |

Le tableau 4.5 montre que le Pilatus PC-12 est le seul à ne pas avoir connu de problèmes directement causés par le moteur entre 1999 et 2002. Même pour les problèmes non directs (*non basic*), ils sont plutôt observés en 1999 (2) et en 2000 (2). Les autres monomoteurs présentent également moins de problèmes que les bimoteurs et, à l'évidence, *plus un aéronef est complexe, plus la probabilité d'observer un problème affectant directement ou indirectement les performances du moteur est élevée* (Tableau 4.6).

Tableau 4.6 : Synthèse des problèmes recensés par monomoteurs et bimoteurs (1999-2002) – (Tableau 4.5)

| **Type d'aéronef** | **Problème moteur (basic)** | **Autres problèmes (non basic)** | **Cote[8]** |
|---|---|---|---|
| Monomoteurs | 4 | 44 | 4/44 |
| Bimoteurs | 49 | 91 | 49/91 |
| | | RC = | 0,169 |

Le risque réel d'observer un problème de moteur est donc beaucoup plus élevé sur un bimoteur que sur un monomoteur. De façon plus précise, le risque qu'un problème affectant les performances du moteur dépende directement du moteur (*basic defect*) est presque cinq fois moins élevé sur un monomoteur que sur un bimoteur (*RC*=0,169). C'est-à-dire que pour un problème moteur observé sur un monomoteur, il y en a environ 5 sur des bimoteurs de la famille King Air 90&100. Le calcul de l'intervalle de confiance à 95% confirme cette observation *(0,0573 ≤ RC ≤ 0,4976).* Précisons encore que des quatre problèmes moteur observés sur les monomoteurs, *trois (3) l'ont été sur le Cessna, un (1) sur le TBM 700 et aucun sur le PC-12*.

Le détail des problèmes recensés autant sur les monomoteurs que sur les bimoteurs identifiés dans cette étude est présenté ci-dessous pour chaque aéronef. Bien évidemment, on rappelle qu'à part le Cessna, la présence des autres monomoteurs (PC-12 et TBM 700) est encore relativement faible sur le marché, comparativement aux Beech King Air 90&100 ou aux King Air 200.

[8] Voir Annexe 4A

## A PT6A-67B (Pilatus PC-12)

Entre 1999 et 2002, aucun incident majeur n'a été observé sur le PC-12. Par contre, nous avons indiqué au tableau 4.5 que cinq problèmes mineurs non intrinsèques au moteur ont été recensés.

En 1999, une défaillance du capteur de pression d'huile et une lumière rouge au décollage sont les incidents qui ont été rapportés. Aucune évidence sur l'implication du moteur dans ces incidents n'a pu être établie. En 2000, deux incidents ont été rapportés : (i) une légère perte de puissance due à la présence d'un résidu externe dans l'unité de contrôle de l'alimentation en carburant et (ii) une perte de puissance supposément attribuée à une défaillance du système de torque. L'examen du moteur n'a pas permis de reproduire ce problème. Aucun incident n'a été rapporté en 2001. En 2002, le pilote rapporte qu'il a été incapable de mettre le moteur en mode inversé. Ici aussi, l'enquête n'a pas permis de reproduire le problème.

L'enquête sur l'accident en Mer de Russie en 2001 est toujours en cours. On ne peut donc tirer de conclusion sur l'implication éventuelle du moteur. Rappelons que même pour l'accident impliquant le Pilatus PC-12, à Terre-Neuve, en 1998, le rapport du BST[9] ne met pas le moteur en cause.

## B. PT6A-64 (Socata TBM 700)

Pour le TBM 700, seulement deux incidents sont identifiés depuis 1999. Aucun d'eux n'est significatif et un seul est intrinsèque au moteur (*flow divider and dump valve*). Ce dernier a été observé une seule fois en 2000, ce qui représente simplement un problème de jeunesse qui est actuellement maîtrisé.

[9] voir Chapitre 2, section 2.2.3, 2ième paragraphe.

## C. PT6A-114 et A-114A (Cessna 208 et 208B)

Le moteur de modèle Cessna 208 et 208B a, pour sa part, connu trois problèmes mineurs depuis 1999 : fuite de valve (*bleed of valve*), pompe de carburant (fuel pump) et défaut de bâti des roulements. Aucun problème majeur n'a été recensé sur la période de l'étude. On peut donc penser que ces problèmes sont actuellement maîtrisés. Par contre, des problèmes avec le fonctionnement des ailettes de la turbine de combustion semblent fréquents. Ils ont été rapportés 23 fois au cours de la période de l'étude, mais compte tenu du nombre total de moteurs, la fréquence de ce problème est plutôt faible.

## D PT6A-28 (BE90&100)

Comparativement aux monomoteurs, les aéronefs de la famille Beech King Air 90&100 ont montré quelques problèmes mineurs (problèmes de roulements, lames de la turbine de combustion, etc.) sur la période étudiée. À ceux-ci s'ajoutent tout de même beaucoup de problèmes non intrinsèques affectant les performances des moteurs. L'âge de ces aéronefs n'aide certainement pas et pourrait sans doute expliquer partiellement la présence de problèmes secondaires. Il faut aussi noter qu'en tenant compte du nombre relativement élevé d'avions en service dans cette famille, la fréquence des problèmes identifiés est plutôt faible.

Les problèmes extrinsèques au moteur les plus observés entre 1999 et 2002 étaient souvent reliés aux ailettes de turbine du compresseur approuvées par la FAA mais ne correspondant pas aux standards de P&WC. Il y a aussi un cas où l'hélice a provoqué une baisse de régime du moteur. L'hélice n'était pas celle recommandée par le manufacturier de l'avion.

Il y a aussi de nombreuses situations où le pilote rapporte une baisse de pression d'huile ou d'autres bruits internes sans que le problème puisse se

reproduire sur le banc d'essai. Quelques autres problèmes étaient le résultat de réparations de fortune, effectuées par des centres nonagréés par P&WC, ou de l'utilisation de pièces provenant d'autres aéronefs accidentés. Dans quelques autres cas, les incidents ont été observés sur des aéronefs ayant dépassé leur temps de remise à neuf (TBO[10]).

On ne le dira jamais assez, la fiabilité d'un aéronef est tributaire de son programme d'entretien et les réparations de fortune ne peuvent que générer des problèmes. Les recommandations du manufacturier et des organismes compétents devraient donc être scrupuleusement respectées.

**E. PT6A-41&42 (BE-200)**

Les incidents sur le Beech King Air 200 sont donnés ici à titre d'information seulement, l'aéronef étant plutôt certifié sous FAR Part 25. Comme pour la génération qui le précède (Beech King Air 90&100), un bon nombre d'incidents mineurs a été rapporté pour la famille King Air 200 depuis 1999. Les problèmes directement associés au moteur sont du même type que ceux observés sur la famille King Air 90&100. Il en est de même pour les facteurs secondaires. Compte tenu du nombre élevé de moteurs (voir Tableau 4.4), la fréquence relative d'incidents est quand même très faible.

### 4.2.3 COMMENTAIRES

Dans cette section, nous avons présenté les paramètres de fiabilité des moteurs et décrit les principaux problèmes observés depuis 1999. À l'évidence, plus un aéronef est complexe, plus la probabilité d'incidents pouvant affecter les performances du groupe motopropulseur est élevée. Ainsi, nous avons observé

[10] *Time Between Overhaul*

que le PC-12 et le TBM 700 ont été les moins affectés par de tels problèmes durant cette période.

Cette section a démontré deux faits importants : (i) *on ne peut affirmer hors de tout doute qu'un bimoteur de la famille Beech King Air 100 ou de Piper PA-31 Navajo est plus fiable qu'un monomoteur turbopropulsé, du moins si on se restreint uniquement aux aéronefs étudiés* et (ii) *plus un aéronef est complexe, plus il est sujet à d'autres problèmes pouvant affecter les performances du groupe motopropulseur*. Cette dernière affirmation est à nuancer puisque l'effet de l'âge de l'aéronef n'est pas pris en compte et que, dans le cas présent, nous comparons des monomoteurs modernes à de vieux bimoteurs dont la production a cessé depuis presque vingt ans.

Il y a lieu aussi d'observer que depuis 1999, les monomoteurs comme le PC-12 et le TBM 700 n'ont presque pas connu de problèmes directement liés au moteur lui-même ou affectant les performances de celui-ci. Cette fiabilité remarquable ne doit cependant pas faire perdre de vue le fait que le risque n'est pas nul et qu'il faut toujours des mesures de mitigation de ce dernier.

## 4.3 ÉTUDE DES RAPPORTS ACCIDENTS/INCIDENTS

Nous nous intéressons ici aux accidents impliquant les aéronefs visés par cette étude, avec comme objectif bien évident d'établir les performances du PC-12 par rapport aux bimoteurs identifiés.

### 4.3.1 Généralités

Les partisans de l'utilisation des monomoteurs pour les vols commerciaux SEIFR avec passagers ont toujours évoqué dans leurs arguments les études statistiques du NTSB [4.11], [4.12], [4.13], [4.14]. Ils rappellent en particulier que le risque de décès lors d'accidents causés par l'extinction du moteur sur un bimoteur est 4 fois plus élevé que sur un monomoteur. Qu'en est-il réellement ? Avant d'aborder les analyses des données actuelles, rappelons donc les résultats des études du NTSB et leurs limites.

Par rapport à notre étude, les résultats présentés par le NTSB ne s'appliquent pas aux monomoteurs ciblés, le plus ancien d'entre eux étant le Cessna 208, certifié en 1984, alors que la dernière des études date de 1979 et ne porte que sur les données de 1972 à 1976. Aucune mise à jour de cette dernière étude n'est disponible mais, si l'affirmation est valide, il va de soi que les monomoteurs modernes turbopropulsés seraient encore plus sécuritaires. De fait, la technologie a beaucoup évolué depuis 1976 et à l'époque, on ne trouvait pas de monomoteur avec des performances comparables ou supérieures à celles des bimoteurs comme le fait le PC-12. Rappelons que le moteur PT6A-67B, qui équipe le Pilatus PC-12 est la version la plus récente du PT6A. Les conclusions qui favorisaient les monomoteurs dans les années 70 devraient donc être encore plus valides aujourd'hui pour les monomoteurs ciblés et c'est ce que nous tentons de vérifier avec l'analyse des rapports d'accidents/incidents.

L'étude de 1972 porte sur les accidents observés entre 1965 et 1969 et ses principales conclusions se résument comme suit :

1. le taux moyen des accidents causés par le bris ou mauvais fonctionnement du moteur était de 2,3 accidents par 100000 heures cumulées pour les multimoteurs, comparativement à 4,6 pour les monomoteurs ;
2. le taux d'accidents mortels dus à une défectuosité du moteur était de 22,9 pour les multimoteurs, comparativement à 5,4 pour les monomoteurs ;
3. plus de 18% des occupants des multimoteurs avaient péri lors de ces accidents contre 5,2% pour les monomoteurs ;
4. le pilote avait été considéré comme un facteur d'accident dans 51% des accidents impliquant un bris ou un mauvais fonctionnement du moteur.

L'argumentation reprise par les promoteurs des vols commerciaux SEIFR repose sur la conclusion no 2 du rapport de 1972. C'est-à-dire que, pour un accident mortel causé par un problème moteur, sur un monomoteur, il y en a environ 4 sur un multimoteur. C'est cette conclusion que l'on retrouve dans le texte d'Aarons [4.6] et que citent les principaux tenants de l'utilisation de monomoteurs pour les vols commerciaux SEIFR.

La mise à jour du rapport de 1972 publiée en 1979, toujours par le NTSB, porte sur les accidents observés entre 1972 et 1976. Ses conclusions sont relativement identiques à celles du premier rapport et se résument comme suit :

1. le taux d'accidents mortels causés par des problèmes moteurs sur les multimoteurs est resté 4 fois supérieur à celui observé sur les monomoteurs ; les facteurs contributifs étant probablement les vitesses de croisière et de décrochage élevées comparativement aux monomoteurs, ainsi que le poids des aéronefs ;
2. le taux d'accidents pour panne moteur était beaucoup moins élevé

chez les pilotes professionnels ;

3. les accidents à l'atterrissage étaient les plus fréquents suite à une panne moteur, mais ils étaient rarement mortels ;
4. les accidents observés étaient souvent dus à la méconnaissance des procédures d'urgence.

L'étude de 1979 porte pratiquement sur les mêmes familles d'aéronefs que celle de 1972. Il est donc tout à fait normal qu'elle aboutisse à des conclusions similaires. Notre préoccupation est de savoir si les conclusions de ces études valent pour les monomoteurs modernes turbopropulsés certifiés IFR, qui de toute évidence, ne faisaient pas l'objet des études citées.

Les statistiques publiées par Breiling and Associates [4.4], [4.5], [4.11] depuis quelques années aident à répondre à cette question. En se basant sur des données de 1992 à 1996 que l'on pouvait considérer à l'époque comme embryonnaires pour les monomoteurs turbopropulsés ciblés (TBM 700 et PC-12) , Breiling [4.11] a montré que les taux d'accidents causés par une perte de puissance du moteur était de 0% pour les monomoteurs contre 8% pour les bimoteurs turbopropulsés et 27,6% pour les moteurs à pistons. Depuis, les monomoteurs turbopropulsés ont été certifiés pour les vols commerciaux en IFR dans certains pays comme le Canada, les États-Unis, l'Afrique du Sud et l'Australie, et des voix s'élèvent pour que tous les pays adoptent cette certification. La JAA résiste encore à procéder, mais l'on croit que cela ne saurait tarder. Les statistiques compilées par Breiling [4.4], [4.5] vont toujours dans le sens du premier rapport.

Nous passons en revue ci-dessous les données les plus récentes sur les accidents visés par cette étude et actualisons les taux d'accidents au Canada et en Amérique du Nord. Pour les autres cas, il n'a pas été possible d'obtenir les données de l'exposition au risque : nombre d'heures cumulées de vol.

### 4.3.2 Données canadiennes

Les données présentées au tableau 4.7 proviennent du BST[11] pour les accidents d'aéronefs et de Transports Canada[12] pour le nombre d'heures cumulées de vol.

Tableau 4.7 Accidents recensés au Canada (1998 à 2001) (Annexe 4B)

| Accidents (1998-2001) Aéronef | Nombre Aéronefs | Heures cumulées | Total Acc. | Accidents avec décès | Taux Accidents | Taux acc. mortels |
|---|---|---|---|---|---|---|
| BEECH 100&200 | 73 | 162 835 | 11 | 0 | 0,068 | 0,000 |
| CESSNA 208&208B | 90 | 199 095 | 9 | 1 | 0,045 | 0,010 |
| PILATUS PC-12 | 56 | 122 634 | 3 | 0 | 0,024 | 0,000 |
| PIPER PA31 | 110 | 413 046 | 33 | 2 | 0,080 | 0,007 |
| SOCATA TBM 700 | 1 | 872 | | | #N/A | #N/A |
| | | | **Total** | avec décès | | |
| Monomoteurs | 147 | 322 601 | 12 | 1 | 0,037 | 0,003 |
| Bimoteurs | 183 | 575 881 | 44 | 2 | 0,076 | 0,003 |
| **Total** | **330** | 898 482 | **56** | **3** | 0,0623 | 0,003 |

Le tableau 4.7 montre que le taux d'accidents en général par 1000 heures de vol est relativement plus élevé pour les bimoteurs identifiés dans cette étude, particulièrement pour le PA-31-Navajo. Le taux d'accidents mortels sur la période ciblée est nul autant pour le Pilatus PC-12 que pour les aéronefs de la famille Beech King Air. Le Cessna 208 et le Piper PA-31 quant à eux ont pratiquement le même taux d'accidents mortels.

Si l'on considère les accidents causés par une perte de puissance du moteur, au Canada, les résultats sont présentés au tableau 4.8. Le taux d'accident est nul pour la famille Beech King Air sur cette période alors que celui du Piper PA-31 était de 0,017 accidents causés par une perte de puissance par 1000 heures de vol. Pour le Pilatus PC-12, ce taux est évalué à 0,008. Rappelons cependant

[11] Voir Annexe 4B, Partie A.
[12] Voir Annexe 4B, Partie B.

que le rapport final n'a pas pu identifier le problème pour l'accident relevé dans ce cas. Pour les King Air et tous les monomoteurs turbopropulsés, on n'a dénombré aucune mortalité suite à une perte de puissance du moteur. Le taux pour le Piper PA-31 était de 0,002.

Tableau 4.8 : Accidents causés par une perte de puissance (1998-2001) (Annexe 4B)

| Accidents (1998-2001) | Nombre | heures | Total | Acc. avec | Taux | Taux acc. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **aeronef** | Aéronefs | cumulées | Acc. | décès | Accidents | mortels |
| BEECH 100&200 | 73 | 162 835 | 0 | 0 | 0,000 | 0,000 |
| CESSNA 208&208B | 90 | 199 095 | 0 | 0 | 0,000 | 0,000 |
| PILATUS PC-12 | 56 | 122 634 | 1 | 0 | 0,008 | 0,000 |
| PIPER PA31 | 110 | 413 046 | 7 | 1 | 0,017 | 0,002 |
| SOCATA TBM 700 | 1 | 872 | 0 | | #N/A | #N/A |

### 4.3.3 Données américaines

Les données américaines sur les accidents impliquant les aéronefs ciblés et sur leur exposition au risque proviennent de Breiling and Associates [4.4], [4.5]. En se basant sur toutes les données disponibles depuis la certification des aéronefs identifiés et sans égard au modèle d'aéronef, Breilling montre que le taux général d'accidents est de 0,022 par 1000 heures pour les monomoteurs turbopropulsés (Cessna 208, TBM-700, PC-12, PA-46TP) contre 0,023 pour les bimoteurs turbopropulsés [4.5]. En se restreignant aux accidents mortels, les monomoteurs ciblés présentent un taux de 0,88 contre 0,81 pour les bimoteurs. Ces résultats indiquent clairement que les aéronefs monomoteurs certifiés SEIFR sont aussi sécuritaires que les bimoteurs. Il faut aussi souligner que jusqu'en 2001, le taux de décès sur un Pilatus PC-12 était encore vierge, du moins sur le continent Nord-Américain. En 2002, cependant, on a déploré un accident avec décès aux États-Unis sur cet aéronef. L'enquête étant toujours en cours, il n'y a pas lieu de commenter l'accident. L'hypothèse d'une panne moteur a cependant été complètement écartée. Globalement, le PC-12 présentait un taux d'accidents de 0,014 par 1000 heures en 2002 contre 0,022

pour le Cessna 208 et 0,020 pour le TBM-700. Ces taux ne sont cependant pas statistiquement différents à 95%.

### A Taux d'accidents par 1000 heures

Le tableau 4.9 résume les données disponibles pour les aéronefs ciblés et identifiés [4.4], [4.5], [4.11]. Il est à noter que pour le Piper, seules les données du PA-31T Navajo ont pu être obtenues et ce pour la période se terminant en 1999. Pour les autres aéronefs, les données du tableau 4.9 sont valides depuis la certification de l'aéronef jusqu'en 2001.

Tableau 4.9 : Heures de vol, accidents et taux d'accidents (États-Unis) depuis la certification jusqu'en 2001 (compilés à partir de [4.4] [4.5] [4.11])

| Aéronef | Accidents | Accidents Mortels | Heures Cumulées | Taux Accidents | Taux Accidents mortels |
|---|---|---|---|---|---|
| BE-90 King Air | 186 | 58 | 8,534,745 | 0,022 | 0,007 |
| BE-100 King Air | 37 | 12 | 2,015,136 | 0,018 | 0,006 |
| PA-31T Navajo[13] | 65 | 30 | 2,678,047 | 0,026 | 0,012 |
| | | | | | |
| PilatusPC-12 | 5 | 0 | 360,500 | 0,014 | **0,000** |
| Socata TBM-700 | 7 | 1 | 349,186 | 0,020 | 0,006 |
| CE-208 Caravan | 81 | 35 | 3,604,056 | 0,024 | 0,010 |
| | | | | | |
| MONOMOTEURS | 93 | 34 | 4,313,742 | 0,022 | 0,008 |
| BIMOTEURS | 288 | 100 | 19,677,321 | 0,018 | 0,006 |

Pour les monomoteurs, le risque relatif d'accident mortel est caractérisé par une cote de 34/59 contre 100/188 pour les bimoteurs. Le rapport des cotes (RC) est

[13] Données disponibles pour le PA-31T seulement, depuis la certification jusqu'en 1999 [4.9]

donc de **1,0834**. On peut donc dire que le taux d'accidents mortels de monomoteurs turbopropulsés est de 1,1 fois supérieur à celui des bimoteurs identifiés (RC= 1,0834). Toutefois, le calcul de l'intervalle de confiance à 95% montre que *0,6659<RC.<1,7627*, démontrant ainsi que *l'on ne peut affirmer hors de tout doute que les monomoteurs turbopropulsés soient moins sécuritaires que les bimoteurs identifiés*.

## B. Taux d'accident causés par une perte de puissance du moteur

Il est difficile de trouver des données homogènes relativement aux accidents causés par la perte de puissance du moteur, sauf pour les monomoteurs turbopropulsés, puisqu'ils constituent actuellement le point de mire. Plus précisément, les seules données cohérentes relativement aux bimoteurs à piston ne sont disponibles que pour la période de 1992 à 1996 [4.11]. Les aéronefs de cette catégorie avaient atteint leur maturité à cette époque et comme ceux qui nous intéressent n'ont pas subi de modifications relativement à leur groupe motopropulseur depuis, nous pouvons considérer que ces données restent valables. Pour les monomoteurs ciblés par contre qui sont relativement récents, ce sont les données disponibles depuis leur certification jusqu'en 2001 qui sont utilisées. Le tableau 4.10 résume les données disponibles.

Tableau 4.10 : Accidents causés par une perte de puissance du moteur (compilés à partir de [4.4] [4.5] [4.11])

| Aéronef | Accidents | Heures Cumulées | Taux Accidents | Période de référence |
|---|---|---|---|---|
| PilatusPC-12 | 1 | 360,500 | 0,003 | De la certification jusqu'en 2001 |
| Socata TBM-700 | 0 | 349,186 | 0,000 | |
| CE-208 Caravan | 3 | 3,604,056 | 0,001 | |
| MONOMOTEURS | 4 | 4,313,742 | 0,001 | |
| MULTI TURBO | 9 | 5,179,000 | 0,002 | 1992-1996 |
| MULTI PISTONS | 66 | 13,033,000 | 0,005 | |

On peut facilement montrer ici que, durant leur existence, les monomoteurs turbopropulsés ont présenté 2 fois moins de chances d'expérimenter un accident causé par un problème moteur comparativement aux multimoteurs turbopropulsés alors que, comparativement aux multimoteurs à piston, le ratio est de 1 pour 5.

Les statistiques ci-dessus montrent donc *qu'il n'y a pas lieu d'affirmer que les monomoteurs ciblés sont moins sécuritaires que les bimoteurs identifiés*. Rappelons cependant que « sécurité » et risque ne sont pas des concepts équivalents. Il est donc nécessaire de définir en tout temps des balises lorsque requis pour l'exploitation d'un aéronef donné, en tenant compte de sa fiabilité et de ses performances.

## 4.4 GESTION DE RISQUE

Le schéma général de la gestion de risque est présenté à la figure 4.6. Deux parties composent essentiellement ce volet : (i) l'estimation du risque et (ii) la prise de décision ou gestion du risque. La gestion du risque tient compte de tous les paramètres évalués pour une prise de décision, une estimation des conséquences de la décision et une définition des limites entourant la décision pour en minimiser les conséquences éventuelles.

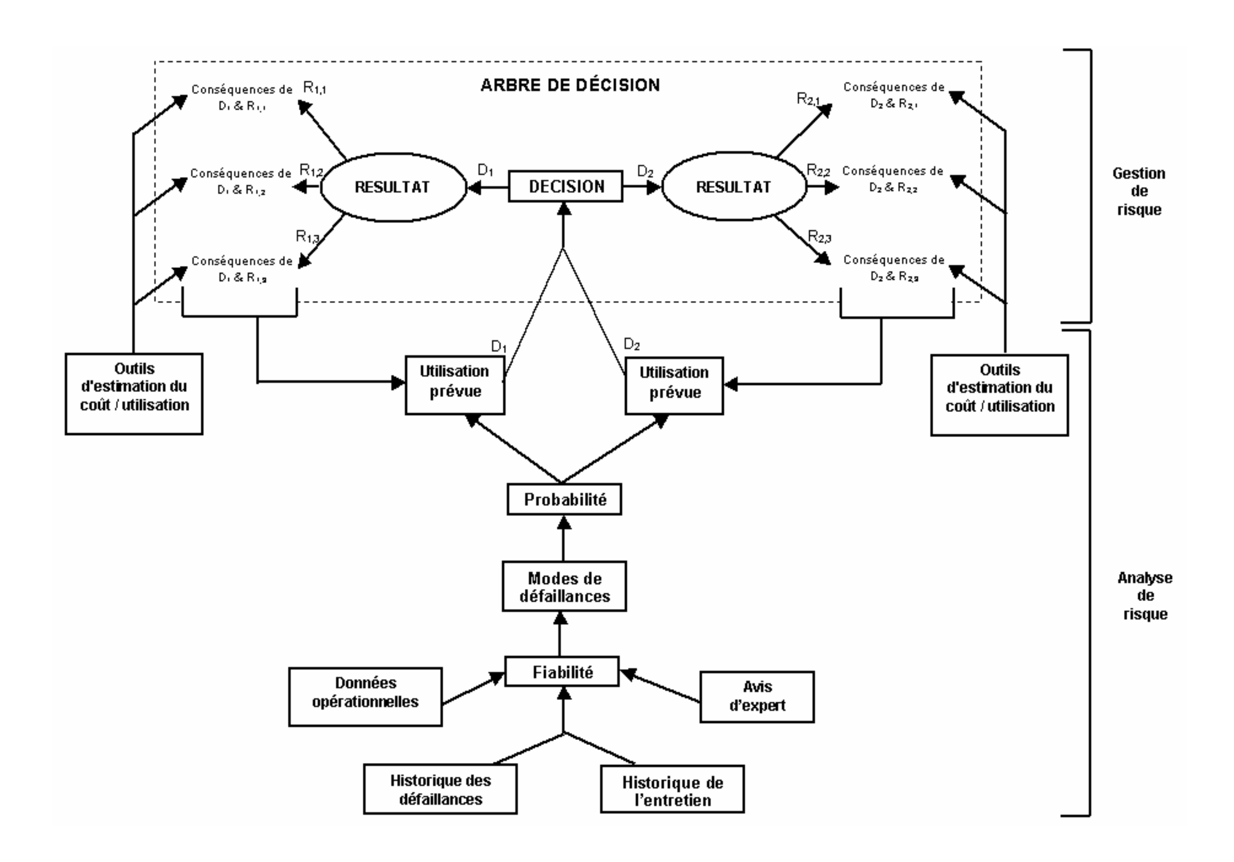



Figure 4.6 : Schéma général de gestion de risque

Comme la figure 4.6 l'indique, la phase d'analyse et la gestion du risque impliquent trois étapes: (i) l'énumération des résultats possibles (favorables et autrement) ; (ii) l'estimation des conséquences liées à chaque résultat et (iii) l'estimation des probabilités de chaque résultat. Comme la probabilité que les systèmes fonctionnent comme prévu est étroitement liée à leur fiabilité et leur entretien, ces concepts se trouvent au centre de la gestion des risques et de son analyse. L'analyse des données de défaillances est également très importante pour interpréter correctement des données sur le fonctionnement des systèmes. Dans beaucoup de cas, des décisions de gestion des risques sont basées seulement sur le jugement et l'expertise personnelle du responsable. Dans d'autres cas, la complexité des objectifs et l'importance des conséquences potentielles peuvent justifier une approche plus rigoureuse. Une

analyse de risque est alors justifiée avant de choisir une ligne de conduite particulière.

Le chapitre III nous a permis de montrer que :

(i) le Pilatus PC-12 a des performances comparables ou supérieures à celles des bimoteurs identifiés ;

(ii) il possède un équipement et des dispositifs visuels de pointe qui facilitent grandement le travail du pilote et réduisent son « stress »;

(iii) en cas de panne de moteur dans sa phase croisière (25000 pi), il possède une puissance de planer à une vitesse assez faible (114 KIAS) sur près de 65 nm (Figure 4.7), offrant ainsi une chance de trouver une zone accueillante pour atterrir en toute sécurité et un temps suffisant pour préparer les mesures d’urgence ;

(iv) le Pilatus PC-12 est aussi un aéronef à décollage et à atterrissage courts (STOL). Il atterrit autant sur des pistes pavées comme sur des pistes en gravier, sans aucune difficulté.

La section 4.2 de ce chapitre montre que le Pilatus PC-12 présente une sécurité comparable à celle des autres aéronefs identifiés en terme de fiabilité du groupe motopropulseur et du risque d’accident. Logiquement, toutes ces qualités font de cet appareil une alternative attrayante aux bimoteurs établis comme le King Air 100. Le Québec est cependant un très grand territoire et, au-delà du 50$^{e}$ parallèle, le climat est très changeant, la densité des balises de navigation est très faible, tout comme pour les aéroports certifiés. Que se passerait-il en cas de perte du moteur dans cette zone ?

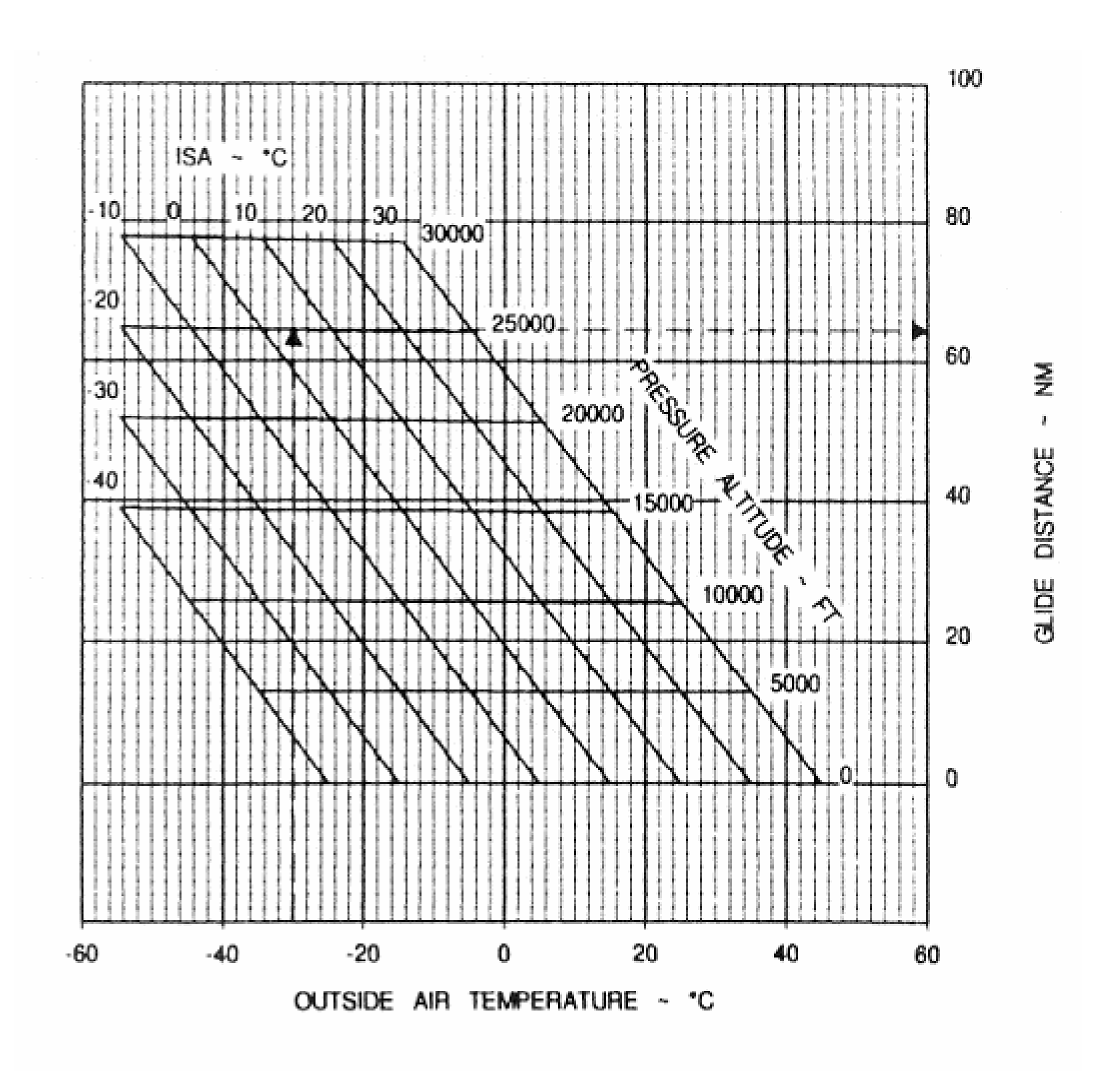



Figure 4.7 : Performances de planage du PC-12 [4.15]

### 4.4.1 Contexte général

Même si FAR Part 23 ne contient pas explicitement des limitations opérationnelles, FAA suggère un environnement opérationnel assez strict pour les SEIFR par l'amendement suivant « *le transport de passagers en SEIFR doit être planifié (planification de la route, météorologie, carburant et aéroports de dégagements), conduit dans un environnement contrôlé ATC, avec des pilotes bien entraînés, et un équipement additionnel (pilote automatique ou 2 pilotes, système électrique redondant, système d'oxygène), appuyé par un programme*

*amélioré des inspections qui inclut une surveillance des tendances des paramètres du moteur ».*

FAR ne spécifie pas cependant que les « zones convenables » pour un atterrissage d'urgence doivent être disponibles en tout temps le long de la route. Par contre, *JAR exige que 85% de la route soit situé en tout temps dans une zone où des sites convenables (et approuvés) pour les atterrissages d'urgences soient dans un rayon de planage du monomoteur*[14]. Pour JAR, la piste d'atterrissage du « site convenable » doit au moins avoir une longueur égale à celle spécifiée par le manufacturier de l'aéronef. Ceci exclut bien évidemment les routes ou tout autre site non approuvé. En Australie, les opérations commerciales de transport de passagers en SEIFR doivent être conduites sur des routes telles qu'à chaque instant, l'aéronef doit toujours se trouver à une distance d'un site convenable d'atterrissage, définie par 15 minutes de vol à la vitesse de croisière auquel s'additionne le rayon de planage de l'aéronef. Pour un PC-12 opérant à 20000 pi à une vitesse de 240 KTAS, cela équivaut à un rayon maximal de 110 nm. Une mesure plus conservatrice exigerait que la route soit planifiée de sorte que l'aéronef reste en tout temps dans une zone où on peut trouver un site convenable d'atterrissage à une distance égale à son rayon de planage.

### 4.4.2 Cartographie aéroportuaire du Québec

Les cartes présentées à l'annexe 4C et numérotées de 1 à 7 ont été réalisées à partir des données les plus récentes sur les aérodromes au Canada [4.16]. Une liste exhaustive de ces aérodromes et de ces campements est aussi fournie à l'annexe 4D. La carte no 1 présente les aérodromes répertoriés (en opération) et tous les autres aérodromes privés ou abandonnés sur le territoire québécois.

[14] Commercial Passenger-carrying Operations in Single-engine Aircraft under Instrument Flight Rules: RIN 2120-AG22

Au Sud du 50$^{e}$ parallèle, la densité des aérodromes répertoriés est relativement grande. Passée cette limite, la densité est faible ou même nulle dans certaines parties du centre du Grand Nord québécois, même si on tient compte des aéroports privés ou abandonnés.

La carte 2 montre les scénarios théoriques de dégagement pour un Pilatus PC-12 à une altitude de croisière de 24000 pi en tenant compte uniquement des aérodromes en opération (aérodromes répertoriés). Une extension de ces zones est présentée sur la carte 3 en tenant compte des aérodromes privés et/ou abandonnés. La carte no 4 superpose les pourvoiries commerciales ou campements disponibles au nord du 55$^{e}$ parallèle sur le scénario représenté par la carte no 3. Les cartes 5, 6 et 7 présentent les scénarios correspondant à celles présentées sur les cartes 2 à 4 pour un Pilatus PC-12 volant à une altitude de croisière de 29000 pi. L'examen de ces cartes révèle que deux zones sont à considérer : la partie du territoire québécois située au Sud du 50$^{e}$ parallèle et celle située au Nord de cette limite. Dans la première, toutes les cartes montrent clairement que la panne moteur en croisière est gérable, dans les conditions normales. Le territoire situé au Nord du 50$^{e}$ parallèle présente potentiellement quelques problèmes, mais selon des critères opérationnels précis, le risque peut aussi être géré dans cette zone.

#### 4.4.3 Risque au Nord du 50$^{e}$ parallèle

Afin d'évaluer le risque en cas de panne moteur au Nord du 50$^{e}$ parallèle, nous faisons l'hypothèse *qu'en tout temps, la route empruntée par le Pilatus PC-12 est telle qu'en tout temps, il doit y avoir <u>un aérodrome répertorié</u> dans son rayon de planage*. Ce critère est cependant trop contraignant et, en fonction de la disponibilité des aéroports non certifiés, on pourrait y apporter quelques dérogations. En utilisant ce critère, et sur le risque que l'on accepte d'encourir, il

y aurait lieu d'étendre les critères à la suggestion des JAR ou de CASA, Australie. Dans cette étude, le critère utilisé sera le rayon de planage du PC-12, à partir de son altitude de croisière économique, soit 24000 pi. Les cartes no 2 à 4, Annexe 4C, montrent les limites de planage à cette altitude et délimite en quelque sorte les routes aériennes présentant un niveau de risque acceptable.

Un coup d'œil à cette carte montre qu'au Sud du 50$^{e}$ parallèle, il est toujours possible d'identifier une route aérienne telle que, à tout instant, le PC-12 a toujours au moins un aérodrome répertorié dans son rayon de planage qui, éventuellement, pourrait servir d'aérodrome de dégagement sur le plan de vol. La question de noliser un appareil de ce type dans cette zone ne se pose donc pas, compte tenu des statistiques présentées et des performances de l'aéronef.

Au Nord du 50$^{e}$ parallèle, *le risque dépend de la route choisie*. Les cartes 2 à 4 montrent que la majorité du territoire peut être couvert avec peu de risque par l'aéronef en longeant les frontières du territoire québécois, mais que certains endroits ne sont couverts que si on inclut les aérodromes non certifiés. Par exemple, du Québec à Kuujuak, la route aérienne demande de passer via Baie Comeau, Wabush et Schefferville avant d'arriver à Kuujuak. Le PC-12 pourra, à la rigueur, faire le vol direct entre Kuujuarapik et Kuujuak. Le centre du Nord Québécois est cependant à un risque plus élevé si on impose la norme d'avoir à tout instant un aérodrome certifié dans le rayon de planage du Pilatus PC-12. *Même en incluant les aérodromes non certifiés et en considérant l'altitude maximale de croisière, il subsiste des zones à risque élevé en cas de panne du moteur en phase croisière*. Certes, le Pilatus PC-12 pourrait atterrir sur n'importe quelle surface accueillante, mais l'objectif n'est pas ici de faire un circuit à tout prix. Cette affirmation ne remet pas en cause la sécurité de l'aéronef. Elle réfère simplement à la gestion du risque en cas de panne moteur, une situation plutôt rare, compte tenu de la fiabilité élevée du groupe motopropulseur. Un discernement est donc requis lorsque le vol se passe au Nord du 50$^{e}$ parallèle. (Il faut se rappeler ici que la norme minimale requise par

Transports Canada pour la certification d'un moteur d'un aéronef est que le taux de bris doit être inférieur à 1 panne/100 000 heures. Comme le montrent les résultats (tableau 4.4), tous les aéronefs turbopropulsés visés par cette étude dépassent de loin cette norme).

Comparativement au Pilatus PC-12, les performances du Cessna sont un peu moins élevées autant au niveau de l'altitude de croisière qu'à celui de leur taux de descente en vol plané. Pour cette raison, nous n'avons pas jugé opportun de construire des cartes pour évaluer leur risque en cas de panne moteur en phase croisière. Les taux des descentes en cas de panne de moteur de PC-12, TBM 700 et Cessna 208B sont, respectivement, 2,6 nm/1000 pi, 1.66 nm/1000 pi et 2,3 nm/1000 pi.

### 4.4.4 Importance de l'expérience du pilote

À la question de savoir si le multimoteur était plus sécuritaire que le monomoteur, Dave Jochman [4.17] répond sans ambages : *« Tout dépend du pilote ! »*. De fait, nous avons rappelé dans ce texte que près de 70% des accidents mortels observés étaient attribuables à un geste qui pouvait être associé au comportement du pilote. Dans ce contexte, la formation et l'expérience du pilote revêtent une grande importance.

Il n'y a donc pas que la fiabilité du moteur et son entretien qu'il faut considérer pour analyser le risque. Breiling [4.5] démontre que plus un aéronef est complexe, plus la formation et l'expérience du pilote réduisent le risque que celui-ci pose un geste générant un accident mortel. Ce résultat avait été établi antérieurement par le NTSB [4.9]. Breiling [4.5] cite en outre un rapport de la Compagnie Boeing qui démontre que 82% des accidents dus à une erreur de pilotage proviennent des pilotes ayant cumulé 280 heures ou moins sur les modèles d'aéronefs impliqués.

La gestion du risque implique donc que l'on s'intéresse non seulement à la fiabilité et aux performances d'un aéronef, mais aussi à l'opérateur et à la façon de gérer sa flotte et son personnel de pilotes.

## 4.5 SYNTHESE ET COMMENTAIRES

En parcourant les articles récents sur les performances des monomoteurs turbopropulsés [4.18], [4.19], les principales conclusions que l'on y retrouve sont principalement les suivantes : (i) des aéronefs neufs et/ou mieux maintenus sont plus sécuritaires ; (ii) les monomoteurs turbopropulsés présentent une sécurité équivalente à celle des bimoteurs turbopropulsés, avec un taux moins élevé d'accidents mortels ; (iii) les monomoteurs et bimoteurs turbopropulsés sont plus sécuritaires que les aéronefs à pistons, qu'ils soient bimoteurs ou monomoteurs ; (iv) l'expérience et la formation du pilote sont essentielles pour opérer de façon sécuritaire tout aéronef ; (v) un équipage de deux pilotes contribue largement à la sécurité opérationnelle et (vi) le Pilatus PC-12 est tout simplement un des aéronefs les plus sécuritaires actuellement si on tient compte de la qualité de sa conception, de ses équipements ultramodernes, de son moteur et de son instrumentation.

Ces points relèvent parfois simplement du bon sens ou sont prouvés par l'analyse de l'historique des accidents comme nous venons de le faire dans ce chapitre.

Il est tout à fait fondé d'affirmer que des aéronefs récents et mieux maintenus présentent une meilleure sécurité. La vérité est que l'instrumentation, les moteurs et les pilotes-automatiques fabriqués au cours des dix dernières années sont de loin plus performants que ceux qui ont été construits il y a vingt ans et qui équipent les bimoteurs identifiés.

La question de la sécurité des monomoteurs versus bimoteurs soulève bien des débats. Les statistiques présentées dans ce texte indiquent toutefois que *l'on ne peut affirmer hors de tout doute que le bimoteur soit plus sécuritaire que le monomoteur, du moins pour les aéronefs ciblés et identifiés*. Il y a lieu de noter aussi que les monomoteurs turbopropulsés sont de construction récente et sont tous équipés d'instruments de qualité supérieure à celles que l'on trouve sur les bimoteurs identifiés.

Les monomoteurs encouragent bien évidemment le pilote à prendre l'action la plus immédiate dès qu'apparaît un signe de problème mécanique. Un vieil adage militaire affirme que le second moteur sur un bimoteur léger est le moyen le plus sûr de permettre au pilote de voler jusqu'au lieu d'écrasement ! La vérité sous-jacente est que, *très souvent, le pilote du bimoteur n'apprécie pas à sa juste valeur la réalité de l'urgence et continue sa route au lieu de se diriger vers l'aéroport le plus proche*. Toutefois, ces considérations sont d'importance moindre en présence de pilotes de grande expérience sur l'aéronef.

En résumé, l'objectif principal de ce chapitre est de comparer le risque présenté par les monomoteurs ciblés à celui des bimoteurs identifiés et de déterminer si ce risque est gérable pour toute mission (703-704) sur le territoire québécois. Nous avons donc montré :

1. que l'on ne peut affirmer hors de tout doute que le bimoteur soit plus sécuritaire que le monomoteur ;
2. que le Piper PA-31 présente plus d'insécurité que les monomoteurs ciblés ou identifiés ;
3. qu'il est plus sécuritaire d'opérer avec deux pilotes plutôt qu'un seul ;
4. qu'il n'y a pas de différence significative des monomoteurs identifiés et ciblés en terme de fiabilité des groupes motopropulseurs ;
5. qu'en général, plus un aéronef est complexe, plus la probabilité d'observer un incident causé par un facteur intrinsèque au moteur et affectant les

performances de celui-ci est élevée ;

6. que l'expérience et la compétence du pilote sont aussi importantes que la fiabilité du moteur.

Relativement au risque présenté par le Pilatus PC-12 en cas de perte de moteur sur des routes aériennes au-dessus du territoire québécois, nous avons observé :

1. qu'au Sud du 50$^{e}$ parallèle, ce risque est parfaitement gérable en raison de la présence de nombreux aérodromes certifiés ;
2. qu'au Nord du 50$^{e}$ parallèle, il est toujours possible d'identifier des routes aériennes qui respectent le critère d'avoir un aéroport de dégagement dans le rayon de planage de l'aéronef.

Les conclusions listées ci-dessus sont issues des analyses conduites dans ce chapitre ainsi que des résultats que l'on retrouvent dans la littérature. Pour procéder à leur validation, une consultation a été conduite auprès des opérateurs et des pilotes. Les résultats sont présentés et analysés au chapitre 5.

## BIBLIOGRAPHIE


[4.1] Machado, R. (1996):*Rod machado's Private Handbook*. San Clemente, CA: The Aviation Speaker Bureau.

[4.2] Collins, R.L. (2001): *IFR Flying at night*. Fying, January 2001:68-71.

[4.3] Robson, D. (2000). *Transition to Twins: Your First Multi-Engine Rating*. Newcastle, WA: Aviation Supplies & Academics, Inc.

[4.4] Breiling, R. and Associates (2002). *Business Turbine Aircraft Accident Analysis.*

[4.5] Breiling, R. and Associates (2002). *Single Turboprop Powered Aircraft Accident Analysis*

[4.6] Aarons, R.N. (1973). *Always Leave Yourself an Out.* FAA Accident Prevention Program FAA-P-8740-25.

[4.7] AOPA Air Safety Foundation (2001). *2001 Nall Report: General Aviation Accident Trends and Factors for 2000*

[4.8] Pettit, D., and Turbull, A.(2001) General Aviation Reliability Study. NASA-2001-210647.

[4.9] National Research Council (1998). Improving the Continued Airworthiness of Civil Aircraft: A Strategy for the FAA's Aircraft Certification Service.

[4.10] NTSB (1995) Safety Study. *Aviation Safety in Alaska*. NTSB/SS-95/03

[4.11] Breiling and Associates (2000) : *Single Turboprop Powerplant Aircraft Reliability (Table 7)*.

[4.12] NTSB (1979) Light Twin-Engine Aircraft Accident Following Engine Failure, 1972-1976. NTSB-AAS-79-2

[4.13] NTSB (1972):Accidents Involving Engine Failure/Malfunction, U.S. General Aviation, 1965-1969. NTSB-AAS-72-10

[4.14] NTSB (1979) Single Engine, Fixed-Wing General Aviation Accidents, 1972-1976. NTSB-AAS-79-1

[4.15] Pilatus Busines Aircraft (2001). *PC-12 Pilot's Information Manual for Series 10*

[4.16] Canada, Supplément de vol, 23 janvier 2003

[4.17] Jochman, D. (2001). *Multiengine Training and Operation.* Aviation Seminar, September 2001, FAA, Aviation Safety Program.

[4.18] Gilbert, G. (2001). *Single- and twin-turbine accident rates similar.* Aviation International News, October 2001.

[4.19] Sutton, O. (1999). *Two Engine Are Better than One, Right?* INTERAVIA, BUSINESS & TECHNOLOGY, No.634.

# CHAPITRE V
# CONSULTATION

Au-delà des statistiques, il y a l'expérience du vécu et les problèmes quotidiens que rencontrent les opérateurs et utilisateurs d'aéronefs. Ce volet est très important car, comme on l'a souligné au chapitre 4, le facteur humain est contributif dans plus de 70% des accidents. Il était donc important de tenter d'obtenir les opinions des opérateurs et utilisateurs, de même que celles du Service aérien gouvernemental (SAG) et du Ministère des transports du Québec (MTQ) sur les aéronefs ciblés.

Les contacts téléphoniques avec les principaux intervenants ont permis de se rendre compte de la diversité des opinions. Aussi, avons-nous décidé, pour faciliter la cueillette des informations, d'élaborer une plate-forme commune sous forme de questionnaire[1], que nous avons adressée aux opérateurs et utilisateurs identifiés. Les points abordés dans ce questionnaire vont de l'identification de la flotte opérée aux opinions individuelles sur le PC-12, en passant par les difficultés opérationnelles rencontrées, la sécurité des aéronefs dans différentes situations et la fiabilité comparative lors des missions de taxi aérien ou de navette. Sur vingt-trois opérateurs et utilisateurs identifiés, dix-sept réponses et deux commentaires ont été obtenus. Dans ce chapitre, nous faisons la synthèse des résultats de ce questionnaire. Une copie des réponses obtenues est disponible sur demande.

## 5.1 IDENTIFICATION DES PARTICIPANTS

Le tableau 5.1 identifie les opérateurs et utilisateurs qui nous ont fait parvenir des réponses à notre questionnaire. Sur les 17 ayant répondu, 13 possèdent au moins un aéronef Pilatus PC-12. Les 4 autres opèrent seulement des bimoteurs

[1] Voir Annexe 5.A

et sont en général bénéficiaires d'une offre permanente du Service de nolisement au Service aérien gouvernemental (SAG). L'opinion du SAG est également fournie.

Table 5.1 : Liste des participants et composition de leur flotte

| OPÉRATEUR/UTILISATEUR | MONO | | | BIMOTEURS | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | PC-12 | CESSNA 208 | TBM-700 | PA-31-310 | PA31-350 | BE-100 | Autres |
| AIRSPRINT | ✔ | | | | | | CITATION 560XL |
| Royal Flying Doctors Service | ✔ | | | | ✔ | | BE-200C |
| WESTERN AIRCRAFT INC. | ✔ | | | | | | |
| NATIVE AIR | ✔ | ✔ | | | | | |
| KELNER PILATUS CENTER | ✔ | | | | | | |
| WASAYA AIRWAYS | ✔ | ✔ | | | | | |
| PASCAN AVIATION | ✔ | | | | | | |
| Royal Canadian Mounted Police (1) | ✔ | ✔ | | | | | |
| Royal Canadian Mounted Police (2) | ✔ | ✔ | | | | | |
| Royal Canadian Mounted Police (3) | ✔ | ✔ | | | | | |
| Ontario Provincial Police (1) | ✔ | | | | | | |
| Ontario Provincial Police (2) | ✔ | | | | | | |
| SHARE PLANE AG | ✔ | | | | | | |
| AEROPRO | | | | ✔ | ✔ | ✔ | |
| Aviation Québec-Labrador | | | | | ✔ | | EMB-110/DHC-6 |
| DECAIR | Commentaires | | | | | | |
| Service Aérien Gouvernemental | | | | | | | CL-60/DHC-8 |

## 5.2 ANALYSE DES REPONSES

Comme on l'a indiqué, plusieurs volets sont abordés dans ce questionnaire. Nous les passons en revue un à un et faisons la synthèse des réponses. Lorsque requis, des commentaires sur les réponses sont émis par les chercheurs en se référant aux résultats présentés aux chapitres 3 et 4 ainsi

qu'aux informations disponibles dans la littérature consultée (voir bibliographie).

### 5.2.1 **Difficultés opérationnelles**

À la question de savoir si les opérateurs ont expérimenté des difficultés opérationnelles nondécrites dans le POH relativement aux systèmes et instruments à bord de leurs aéronefs, près de 60% des réponses (10 sur 17) n'indiquent n'avoir rien observé de spécial. Parmi les quelques observations obtenues, on note des problèmes mineurs avec le train d'atterrissage, le chauffage et la ventilation, les volets (actuateurs) et la pressurisation.

Les incidents signalés affectent autant les monomoteurs que les bimoteurs, et comme le dit si bien un des opérateurs de bimoteurs, *les manufacturiers semblent incapables de prévoir les conditions hivernales dans le nord du Québec, particulièrement en ce qui a trait au système de chauffage et de ventilation*.

### **5.2.2 Sécurité**

Sur les 17 participants, seulement 3 (Kelner Aviation, RCMP et RFDS) ont complété le tableau soumis pour comparer la sécurité des aéronefs dans les différentes phases de vol. Tous les trois ont opté pour le monomoteur turbopropulsé Pilatus PC-12, et pour le RCMP et le RFDS, un programme de remplacement de tous leurs bimoteurs King Air et PA-31 par des PC-12 est en cours ou presque à son terme.

En résumé, ces participants soulignent que le Piper PA-31 présente des problèmes importants en cas de perte de puissance au décollage ou en cas de perte d'un moteur. Il en est de même par temps froid comme par temps très chaud. Des problèmes de givrage importants sont aussi signalés pour cet aéronef ainsi que pour le Cessna-208 dans la phase croisière. Les RFDS

signalent des problèmes très mineurs au décollage pour le PC-12 et le BE-100 sans plus de précision. Quant au RCMP, il signale qu'après 5 ou 6 heures de vol dans le Nord canadien, il n'est pas rare de ressentir le froid dans la partie arrière de la carlingue. Aucun autre problème n'est signalé dans les autres phases de vol.

### 5.2.3 Écarts par rapport aux performances décrites dans le POH

La question ici visait à déterminer si, par rapport aux limites stipulées dans le POH, les opérateurs et utilisateurs avaient noté des difficultés opérationnelles quant aux performances décrites dans différentes conditions : par temps froid ou très chaud, sur un moteur, en conditions givrantes, à basse ou haute altitude, au décollage ou à l'atterrissage. *À l'unanimité, toutes les réponses sont négatives*, et ce malgré les quelques remarques formulées en 5.2.1 et 5.2.2.

### 5.2.4 Difficultés avec les équipements radio (Nav/Com)

Sur les 17 participants, seuls SHARE PLANE et Aviation Quebec-Labrador indiquent que par temps froid, il est arrivé d'avoir quelques problèmes avec les équipements Nav/Com, autant sur le PC-12 que sur les bimoteurs (BE-200). Aucun autre commentaire n'est fourni par les autres participants sur ce sujet.

### 5.2.5 Risque présenté par un monomoteur à turbine versus bimoteur à turbines

La question visait ici à obtenir la perception des opérateurs et utilisateurs sur le risque relatif présenté par les monomoteurs à turbine (PC-12, CE-208, TBM-700) pour les opérations commerciales (703-704) comparativement au bimoteur à turbines (BE-100). Les réponses à ce sujet sont très variées et reflètent souvent les intérêts des participants. Rappelons ici qu'un des objectifs de l'étude est de déterminer si, compte tenu des performances, de la sécurité et du risque

présenté par le PC-12, le Service aérien gouvernemental pourrait recommander d'autoriser les opérateurs de PC-12 à faire des soumissions au service de nolisement pour éventuellement bénéficier des offres permanentes du Gouvernement. Le tableau 5.2 résume les réponses obtenues.

Tableau 5.2 Perception du niveau de risque du monomoteur par rapport au bimoteur à turbines

| **OPÉRATEURS/UTILISATEURS** | **Niveau de risque pour le monomoteur** | | |
|---|---|---|---|
| | **moins** | **même** | **plus** |
| AIRSPRINT | ✔ | | |
| Royal Flying Doctors Service | | ✔ | ✔ |
| WESTERN AIRCRAFT INC. | ✔ | | |
| NATIVE AIR | | | ✔ |
| KELNER PILATUS CENTER | ✔ | | |
| WASAYA AIRWAYS | | ✔ | |
| PASCAN AVIATION | ✔ | ✔ | |
| Royal Canadian Mounted Police (1) | ✔ | | |
| Royal Canadian Mounted Police (2) | | ✔ | |
| Royal Canadian Mounted Police (3) | | | ✔ |
| Ontario Provincial Police (1) | Pas de réponse | | |
| Ontario Provincial Police (2) | | ✔ | |
| SHARE PLANE AG | | ✔ | |
| AEROPRO | | | ✔ |
| Aviation Québec-Labrador | | | ✔ |
| DECAIR | | | ✔ |
| Service Aérien Gouvernemental | | | ✔ |
| | | | |
| **TOTAL** | **5** | **6** | **7** |

D'après ce tableau, 11 participants sur 17 sont convaincus que le monomoteur turbopropulsé présente un risque inférieur ou égal à celui des bimoteurs comparables pour une opération commerciale (703-704). Toutefois, nous observerons que tous ces participants opèrent ou utilisent des PC-12. Les opérateurs de bimoteurs quant à eux considèrent que les monomoteurs turbopropulsés présente un risque très élevé. Les positions sont donc

pratiquement figées et les uns et les autres présentent des arguments pour justifier leur position. Certains arguments sont issus de la littérature ; d'autres reposent sur l'avantage éventuel que procurerait le deuxième moteur en cas de panne moteur en phase croisière. Nous reprenons les principaux arguments des uns et des autres et présentons nos commentaires sur chacun d'eux.

***Un seul moteur ou deux moteurs*** ***?***

L'argument majeur invoqué par ceux qui affirment que le monomoteur turbopropulsé présente un risque élevé par rapport au bimoteur à turbine peut se résumer comme suit : *« aucun aéronef monomoteur ne sera jamais aussi sécuritaire qu'un multimoteur opérant dans les mêmes conditions »*. De plus, rappellent-ils, la perte d'un moteur en croisière sur un monomoteur n'offre d'autre alternative que de se poser, et dans les régions nordiques, il y a rarement des aéroports de dégagement dans le rayon de planage de l'aéronef. Et si, affirment-ils, l'aéronef arrive à se poser malgré tout, les températures extrêmement froides laissent peu de chances de survie aux passagers. Par contre, disent-ils, un bimoteur offre tout de même une alternative lorsqu'il perd un seul moteur en phase croisière et un pilote expérimenté peut toujours gérer la situation et atteindre un aéroport de dégagement.

Nous rappelons que cette même objection avait été soumise par l'Association des Pilotes de Ligne et Raytheon Aircraft Corporation au FAA en 1997 lors des discussions sur la pertinence d'autoriser des vols commerciaux SEIFR. L'opinion de la FAA sur la question se résume comme suit : *« le nombre de moteurs est seulement un facteur parmi d'autres dans le succès d'une mission. Aussi est-il important d'améliorer l'environnement opérationnel par l'amendement suivant : une opération commerciale SEIFR doit être planifiée (route, conditions météorologiques, carburant, aéroports de dégagement), conduite dans un environnement contrôlé ATC, avec des pilotes bien formés et bien expérimentés, et un équipement additionnel, le tout supporté par un*

*programme amélioré de maintenance qui inclut une surveillance des paramètres du moteur ».* Pour la question des aéroports de dégagement, l'examen des cartes (voir Chapitre 4) a démontré qu'au sud du 50$^{e}$ parallèle la question ne se pose pratiquement pas. Par contre, l'environnement opérationnel dans le Grand Nord doit faire l'objet d'une attention particulière en raison de la faible densité des aéroports certifiés et des conditions climatiques peu favorables.

***Arguments basés sur les statistiques***

Les principaux arguments des participants qui affirment que le monomoteur présente un risque inférieur ou égal à celui des bimoteurs à turbines identifiés par l'étude invoquent les statistiques de Brieling [4.10] et du NTSB [4.12], ainsi que les performances élevées du PC-12, de même que son grand rayon de planage en cas de panne moteur en croisière. Les statistiques qu'ils invoquent proviennent de sources sérieuses et cette étude a confirmé que *l'on ne peut affirmer hors de tout doute que le PC-12 soit moins fiable que les bimoteurs identifiés* (voir Chapitre 4). Il en est de même pour les performances du PC-12 qui sont, comme on l'a observé, supérieures ou égales à celles des bimoteurs identifiés (voir Chapitre 3).

### 5.2.6 Risque présenté par un monomoteur turbopropulsé versus bimoteur à pistons

Lorsqu'il s'agit de comparer le monomoteur turbopropulsé au bimoteur à pistons PA-31, les réponses sont moins partagées comme le montre le tableau 5.3. Mis à part les partisans des bimoteurs pour lesquels un monomoteur ne sera jamais aussi fiable qu'un bimoteur quel qu'il soit, les répondants soulignent le peu de fiabilité du moteur à pistons et accordent leur préférence au monomoteur turbopropulsé. Les arguments statistiques sont également en faveur des monomoteurs turbopropulsés lorsque la comparaison se fait avec le Piper PA-31 (voir Chapitre 4). Un des participants rappelle cependant que si les limites

opérationnelles sont respectées et si le pilote a les compétences requises, le bimoteur à piston peut représenter une meilleure alternative à un monomoteur. Globalement toutefois, les répondants penchent plus vers le PC-12 lorsqu'il s'agit de choisir entre ce dernier et le Piper PA-31.

Tableau 5.3 Perception du niveau de risque du monomoteur par rapport au bimoteur à piston PA-31

| | Niveau de risque pour le monomoteur | | |
|---|---|---|---|
| **OPÉRATEURS/UTILISATEURS** | **moins** | **même** | **plus** |
| AIRSPRINT | ✔ | | |
| Royal Flying Doctors Service | ✔ | | |
| WESTERN AIRCRAFT INC. | ✔ | | |
| NATIVE AIR | ✔ | | |
| KELNER PILATUS CENTER | ✔ | | |
| WASAYA AIRWAYS | ✔ | | |
| PASCAN AVIATION | ✔ | | |
| Royal Canadian Mounted Police (1) | ✔ | | |
| Royal Canadian Mounted Police (2) | ✔ | | |
| Royal Canadian Mounted Police (3) | | | ✔ |
| Ontario Provincial Police (1) | | | |
| Ontario Provincial Police (2) | | ✔ | |
| SHARE PLANE AG | | ✔ | |
| AEROPRO | | | ✔ |
| Aviation Québec-Labrador | | | ✔ |
| DECAIR | ✔ | | |
| Service Aérien Gouvernemental | | | ✔ |
| | | | |
| Total | 10 | 2 | 4 |

### 5.2.7 Le PC-12 peut-il remplacer valablement le King Air 100 ou 200 dans tous les types de missions (703-704) ?

Sur cette question, 3 participants ont des réticences vis-à-vis du PC-12. Aviation Québec Labrador reconnaît que les performances du PC-12 sont excellentes. Sa réticence porte sur *la faible densité d'aéroports dans le Nord québécois et sur le peu de formation des pilotes*. AEROPRO indique tout simplement que l'on ne prend le monomoteur que si on n'a pas d'autre choix. Pour le Service aérien gouvernemental, c'est le problème de gestion de risque qui représente la principale préoccupation.

De façon plus précise, le Service aérien gouvernemental reconnaît les excellentes performances du PC-12 mais suggère de mettre dans la balance les conditions climatiques extrêmes dans le Grand Nord et la faible densité d'aéroports de dégagement dans cette zone conjuguée au risque de bris du moteur. Le chapitre 4 de ce rapport démontre qu'au Sud du 50$^{e}$ parallèle, ces situations sont facilement gérables. Au Nord du 50$^{e}$ parallèle, il y a lieu en effet de se préoccuper du risque de perte du moteur en phase croisière comme le montrent les cartes de l'annexe 4.C. Même si la probabilité d'une telle situation est faible, un encadrement opérationnel est requis lorsque l'on opère dans cette zone.

Tableau 5.4. Opinion des participants sur la pertinence de remplacer les BE-100 et PA-31 par des PC-12

| **Le PC-12 peut-il remplacer le BE-100/BE-200?** | | |
|---|---|---|
| | **OUI** | **NON** |
| AIRSPRINT | ✔ | |
| Royal Flying Doctors Service | ✔ | |
| WESTERN AIRCRAFT INC. | ✔ | |
| NATIVE AIR | ✔ | |
| KELNER PILATUS CENTER | ✔ | |
| WASAYA AIRWAYS | ✔ | |
| PASCAN AVIATION | ✔ | |
| Royal Canadian Mounted Police (1) | ✔ | |
| Royal Canadian Mounted Police (2) | ✔ | |
| Royal Canadian Mounted Police (3) | ✔ | |
| Ontario Provincial Police (1) | ✔ | |
| Ontario Provincial Police (2) | | ✔ |
| SHARE PLANE AG | ✔ | |
| AEROPRO | | ✔ |
| Aviation Québec-Labrador | | ✔ |
| DECAIR | ✔ | |
| Service Aérien Gouvernemental | | ✔ |
| | | |
| Total | 13 | 4 |

## 5.3 COMMENTAIRES REÇUS

Nous reprenons ici les commentaires pertinents des opérateurs et utilisateurs que nous n'avons pas pu intégrer dans la synthèse présentée à la section 5.2, en particulier ceux des Gouvernements de l'Ontario et du Québec, de la gendarmerie Royale du Canada et des Royal Flying Doctors Services d'Australie.

### 5.3.1 Gouvernement de l'Ontario

Le gouvernement de l'Ontario n'a aucun monomoteur en opération. Toutefois, il a recourt aux services de contracteurs qui opèrent des monomoteurs pour des fins médicales. Actuellement, il a approuvé les PC-12 et les Cessna 208 pour des opérations SEIFR. *Les monomoteurs ne sont cependant approuvés que pour le transfert ponctuel des patients et non à long terme en tant que tel (par exemple comme ambulance)*. À cet effet, le Gouvernement de l'Ontario émet deux sources d'inquiétudes :

1. les sources d'énergie électrique pour le système médical et les systèmes de l'aéronef en cas d'une défaillance de moteur;
2. la réduction de la distance de planage dans le cas de limitation de l'altitude de vol dû à la condition du patient.

***COMMENTAIRE***

S'agissant du point no 1, les Royal Fyling Doctors (Australie) ont équipé le PC-12 d'une batterie médicale séparée. Celle-ci est chargée à partir des systèmes de l'aéronef et fournit l'alimentation des équipements médicaux lorsque le moteur est en panne ou lorsque l'aéronef est au sol (moteur arrêté).

S'agissant du point no 2, il serait plutôt valide pour le Cessna 208 dont l'altitude de croisière se situe autour de 10000 pi. La pressurisation du PC-12 lui permet de voler en tout confort au-dessus des conditions atmosphériques, si bien que le confort du malade est plutôt assuré. Pour les limites entourant la puissance de planage de l'aéronef, il s'agit plus d'une question de gestion de risque et de choix de routes aériennes. La route la plus sécuritaire pour un PC-12 est celle pour laquelle, à chaque instant, il est possible de trouver un aéroport certifié dans un rayon de planage de l'aéronef.

### 5.3.2 Gendarmerie Royale du Canada

La fiabilité du monomoteur à turbine est bel et bien prouvée. En Australie, les pilotes des ''Royal Flying Doctors Services'', à Adelaïde en Australie, volent régulièrement au-dessus du Golfe Spencer sur PC-12 et aucun incident n'a jamais été signalé. *Ils gèrent le risque en programmant l'allure de leurs montées et descentes de telle façon qu'elle leur permette de retourner au point de départ en tout temps durant la montée ou vers l'aéroport de destination en tout temps durant la descente*. Cette façon de gérer l'aéronef est souvent inexistante pour les opérations sur bimoteurs parce que le pilote pense que le deuxième moteur pourra toujours sauver la situation.

Il n'y a aucun doute qu'un bris d'un moteur sur un aéronef monomoteur induit obligatoirement un atterrissage. Dans ce contexte, les caractéristiques du planage du PC-12, sa basse vitesse de décrochage, son endurance et la résistance de sa structure sont des atouts importants pour la survie lors d'un crash. Les pilotes des RFDS sont entraînés pour atterrir sans puissance de moteur même dans des mauvaises conditions météorologiques. Lors des scénarios d'entraînement, le moteur est coupé à plus de vingt milles au moins de la piste d'atterrissage, et chacun de ces exercices se termine avec succès et une approche en douceur vers la piste. L'entraînement est donc la clé du succès dans le domaine du pilotage complexe.

La Gendarmerie Royale du Canada opère aujourd'hui 2 PC-12 dans les montagnes de Colombie-Britannique, 1 PC-12 à Yellowknife qui couvre l'Arctique Central et un autre à Iqaluit qui couvre la partie Est de la Haute Arctique. Il est tout à fait possible qu'un jour une de ces machines soit impliquée dans un accident, mais cela n'enlève rien à la viabilité du PC-12. Il y a bien eu plusieurs accidents sérieux avec des bimoteurs dans la région de Baffin dont un jet d'affaire qui s'est écrasé à l'Est de la Baie de Frobisher, à cause d'un manque de carburant après avoir connu des difficultés de navigation. *Conclure*

*que les monomoteurs ne sont pas fiables sous la seule raison qu'en cas de panne moteur ils n'ont d'autre choix que d'atterrir est plutôt une attitude trop simpliste*. Beaucoup d'autres facteurs doivent être considérés.

La Gendarmerie Royale du Canada procède actuellement au remplacement de tous ses vieux bimoteurs Otters, King Air 200, Citation II et Westwind par des PC-12.

### 5.3.3 Royal Flying Doctors Services, Australie

M. Tippett des RFDS nous fait d'abord remarquer qu'actuellement, leur flotte est composée essentiellement de PC-12, et que le reste de leurs B-200 sont à vendre. Ils gardent un PA-31-350 pour la logistique, mais cet aéronef est très peu utilisé.

Le plus vieux des PC-12 a 7 ans et cumule plus de 9000 heures de vol. Les RFDS n'appliquent aucune restriction à l'utilisation des PC-12 autres que celles issues de la législation australienne.

Avant l'acquisition des PC-12 en 1995, les RFDS opéraient des BE-200C et des PA-31, tous dotés d'équipements médicaux d'urgence. Les PC-12 ont été acquis pour remplacer les PA-31 et ils ont démontré un niveau de fiabilité et d'efficacité de loin supérieure à celui des PA-31. Les RFDS ont alors observé que le PC-12 était aussi performant que le BE-200C pour leurs opérations et ont également décidé de remplacer ce bimoteur. De plus, les coûts d'exploitation étaient beaucoup moindres pour le PC-12.

L'équipe médicale démontre une préférence marquée pour le PC-12, en raison de son design (arrangement des portes, environnement dans la carlingue) et de sa configuration pour l'évacuation médicale.

Du point de vue des pilotes, certains sont pour le PC-12, d'autres sont contre. La majorité préfère cependant voler sur le PC-12. Tous admettent qu'il convient mieux aux opérations médicales. Toutefois, il ne répond pas aux commandes aussi bien que le BE-200C en cas de turbulences ou de vents de travers. Le PC-12 est toutefois facile à opérer en raison de ses systèmes de pointe. Il génère également moins de stress pour le pilote.

Les RFDS ont ajouté une batterie séparée pour les équipements médicaux. Celle-ci est chargée par les systèmes de l'aéronef durant le vol et produit l'alimentation de l'équipement médical lorsque le moteur est arrêté.

### 5.3.4 Service aérien gouvernemental, Québec

Le Service aérien gouvernemental du Québec n'opère pas de PC-12 et n'autorise pas pour le moment aux opérateurs de cet appareil de soumissionner pour les offres permanentes de son Service de nolisement. Pour le SAG, *les monomoteurs à turbine sont sécuritaires en autant qu'ils soient opérés dans des conditions météorologiques et géographiques spécifiques, ou qu'ils soient adaptés aux territoires où ils évoluent*. Par exemple, voler sur un PC-12 aux États-Unis où il existe des aéroports à tous les 25 miles ne représente pas le même risque que de voler sur les mêmes types d'appareils dans le Grand Nord québécois. Même si le SAG reconnaît que *les caractéristiques du planage du PC-12, sa basse vitesse de décrochage, son endurance et la résistance de sa structure sont des atouts importants pour la survie lors d'un crash*, il émet des réticences sur son utilisation dans le Grand Nord du Québec en raison de la faible densité des aéroports et des conditions climatiques trop changeantes.

Le Service aérien gouvernemental souligne aussi des problèmes éventuels relativement à l'environnement opérationnel. Il rappelle en particulier qu'il peut arriver que l'altitude de départ soit restreinte par le contrôle aérien à cause du trafic aérien. Dans un tel cas, advenant une panne de moteur, le pilote aura du

mal à revenir à l'aérodrome de départ. La question est donc de savoir si le pilote refusera les directives ou choisira d'attendre que le trafic aérien soit réduit avant de décoller.

Au niveau des performances, le Service rappelle que les appareils monomoteurs à turbine sont fiables et de plus en plus fiables, mais qu'un bimoteur équipé des mêmes turbines est toujours beaucoup plus fiable.

### 5.3.5 Opinion de HYDRO-ONE, Ontario

Malgré la promesse de J. Kilpatrick de faire parvenir notre questionnaire aux différents opérateurs d'aéronefs, aucun formulaire complété ne nous est parvenu d'Hydro-One. Toutefois, M. Kirkpatrick nous a assuré que, du point de vue de l'utilisateur, leur évaluation avait permis de conclure que le King Air 100 et le PC-12 sont tout à fait appropriés pour leurs opérations de transport de personnes et de matériel dans les régions éloignées du Nord de l'Ontario. M. Kirkpatrick rappelle surtout que la maintenance des appareils et les capacités et l'expérience du pilote sont les facteurs clés de sécurité.

### 5.3.6 Opinion de PROPAIR

Le questionnaire complété par PROPAIR nous est parvenu à la fin de la compilation des données obtenues. Après sa lecture, nous avons observé que ses opinions sont semblables à celles des autres détenteurs d'offres permanentes auprès du Service de nolisement du SAG. En particulier, tout en reconnaissant les excellentes performances du PC-12, il émet des réserves sur son utilisation pour des missions commerciales (703-704) dans le Nord québécois en raison des conditions météorologiques très variables et de la faible densité des aérodromes. En outre, affirme PROPAIR, la clientèle préfère plutôt le bimoteur et n'accepte le monomoteur que si elle n'a aucun autre choix.

### 5.3.7 Opinion des pilotes du SAG

Le volet consultation s'est terminé avec une rencontre à Québec avec quatre pilotes, le directeur des opérations et le directeur général de SAG, M. M. Gagnon. De ceux-ci, un des neuf pilotes qui avaient participé en 1998 à l'évaluation du PC-12 était présent. Cette évaluation était faite à l'intérieur d'un projet pilote suite à un contrat "location/achat" entre M. Gaston Couillard, ancien directeur du SAG, et M. Frank Kelner, président de V. Kelner Pilatus Center, Thunder Bay, Ontario. Durant cette évaluation qui a duré une période de 2 à 3 mois et 135 heures de vol, neuf à dix pilotes y ont participé. Les "Fiches d'Évaluation d'Avion" du SAG complétées (en 1998) par ces neufs pilotes indiquaient des opinions très satisfaisantes en ce qui concerne la fiabilité, les performances, le confort, la sécurité et la perception de l'appréciation des passagers du PC-12.

Globalement, les pilotes présents à notre dernière rencontre reconnaissent que les performances de l'appareil sont excellentes. Toutefois, *ils refusent de prendre un quelconque risque aussi minime soit-il avec cet aéronef ou avec tout autre monomoteur dans les régions du nord du Québec où la densité des aérodromes est faible et où le climat est plutôt très changeant*. En particulier, ils soulignent le fait que le bimoteur quel qu'il soit offre tout de même une autre alternative que d'atterrir lorsque survient une panne d'un seul moteur en phase croisière. Pour la majorité d'entre eux, une situation de panne de moteur sur un PC-12 ou tout autre monomoteur avec un patient à bord ou tout autre passager conduirait probablement à un atterrissage sans blessures, mais les températures extrêmes du nord québécois génèreraient d'autres problèmes difficiles à gérer. De plus, indique M. Gagnon, un tel événement ternirait l'image du Service aérien gouvernemental, en particulier si la vie d'un patient ou de tout autre passager était mise en danger.

Même si les performances du PC-12 montrent que la probabilité que les

événements invoqués par les pilotes du SAG surviennent est plutôt très faible (3 par 1 000 000), il s'agit ici d'une mesure visant à prévenir une situation qui serait gênante pour le SAG et non une remise en question des performances du PC-12. À la fin de la rencontre, notre impression est que *l'introduction de monomoteurs du type PC-12 au SAG nécessitera au préalable un programme bien ciblé de gestion du changement*.

## 5.4 SYNTHESE DES OPINIONS ET REPONSES

Avant d'aborder l'essentiel de cette synthèse, rappelons que l'objectif n'est pas ici de comparer les monomoteurs à turbine avec tous les types de bimoteurs, mais seulement aux vieux bimoteurs de la famille King Air 100 et de Piper PA-31, tous certifiés FAR Part 23. Même le King Air 200 doit sortir de la comparaison puisqu'il est certifié FAR Part 25. Dans ces conditions, les opinions à considérer ici sont celles qui respectent cette balise.

### 5.4.1 Performances du PC-12

À l'unanimité, les participants reconnaissent l'excellence des performances du PC-12. Par contre, malgré la fiabilité prouvée du moteur, des réticences sont émises quant à l'utilisation de l'aéronef dans des conditions météorologiques extrêmes et dans un environnement présentant une densité très faible d'aéroports de dégagement. La raison invoquée est qu'en cas de panne moteur, le monomoteur n'offre d'autres choix que de se trouver un site convenable pour atterrir.

La gestion de risque comporte aussi un aspect qui touche l'équipement de survie. Et il est évident que dans des conditions normales, la disponibilité d'équipements de communications sophistiqués permet un repérage facile et l'arrivée rapide de secours. Le problème se pose en cas de conditions météorologiques extrêmes.

La question est donc de définir un environnement opérationnel bien spécifique. Comme le souligne le FAA, *autoriser des opérations SEIFR ne convertit pas un aéronef pour des opérations en toutes conditions météorologiques et n'autorise pas son utilisation pour n'importe quelle opération, sans restrictions.* Il appartient donc au Service de nolisement de s'assurer que l'environnement opérationnel convient à l'usage du monomoteur.

### 5.4.2 Un moteur ou deux moteurs ?

Pour reprendre les propos du pilote du SAG, *les appareils monomoteurs à turbines sont fiables et de plus en plus fiables, mais un bimoteur équipé des mêmes turbines est de loin plus fiable.* Pour ce qui nous concerne, nous comparons un monomoteur à turbine à de vieux bimoteurs pour lesquels les statistiques démontrent qu'il n'y a pas de différences significatives entre la fiabilité des groupes motopropulseurs (voir chapitre 4). Le principe invoqué est donc juste, mais doit être revu pour être adapté au cadre de l'étude. Nous avons démontré au chapitre 4 qu'*il est impossible d'affirmer hors de tout doute que les bimoteurs identifiés (BE-100 et PA-31) soient plus fiables que le PC-12.*

Conclure que les monomoteurs ne sont pas fiables sous la seule raison qu'en cas de panne moteur ils n'ont d'autres choix que d'atterrir est plutôt une attitude trop simpliste. Bien d'autres facteurs sont à considérer et, unanimement, opérateurs et utilisateurs soulignent que *lorsque l'environnement opérationnel est adéquat, rien ne s'oppose à l'utilisation de PC-12 pour des opérations commerciales (703-704).*

### 5.4.3 Importance du facteur humain

Nous avons souligné dans le chapitre 4 que le facteur humain était un facteur contributif de près de 70%. À ce titre, gérer le risque doit mettre l'accent sur la

minimisation du facteur humain dans la genèse des accidents. L'importance de l'entraînement et de l'expérience des pilotes est dans ce contexte un atout majeur pour faciliter la prise de décision en cas de problèmes techniques. Ceci n'est pas seulement valide pour les monomoteurs. Bien des accidents impliquant les bimoteurs sont le résultat d'un mauvais choix en cas de panne moteur. Au lieu de se diriger vers l'aéroport le plus proche en cas de panne moteur, le pilote du bimoteur estime que le second moteur va le conduire à destination, et c'est souvent vers le lieu de l'accident qu'il se retrouve. La décision sur un monomoteur est bien simple : atterrir dès que possible. Et dans le cas du PC-12, *les caractéristiques du planage, la basse vitesse de décrochage, l'endurance et la résistance de la structure sont des atouts importants pour la survie.*

# CHAPITRE VI
# CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

En 1996, le Canada devenait le premier pays à autoriser *le transport commercial de passagers dans un aéronef monomoteur*, ouvrant ainsi la voie à d'autres pays comme les États-Unis, l'Australie, la Nouvelle-Zélande et l'Afrique du Sud. Pour Transports Canada, la norme à respecter pour le transport de passagers dans un aéronef monomoteur pour les vols IFR ou VFR de nuit est présentée à la section 2.2.1.

L'autorisation de vols commerciaux SEIFR a soulevé commentaires et objections chez un bon nombre d'opérateurs et utilisateurs. Parmi les arguments contre cette mesure figure en premier lieu le nombre de moteurs et par conséquent la gestion d'une perte de moteur en phase croisière. Rappelons à cette fin :

(i) que le nombre de moteurs n'est qu'un facteur parmi tant d'autres lorsque l'on étudie le risque opérationnel d'un aéronef ;

(ii) que l'environnement opérationnel (planification du vol, formation et expérience des pilotes, entretien des aéronefs, …) est un facteur déterminant dans la gestion du risque ;

(iii) que autoriser les vols commerciaux SEIFR sur un aéronef ne signifie pas que l'on doit l'utiliser pour n'importe quelle opération et dans n'importe quelles conditions météorologiques.

## 6.1 CARACTÉRISTIQUES ET PERFORMANCES

L'examen des caractéristiques des aéronefs identifiés a permis de montrer que le Pilatus PC-12 est un aéronef ultramoderne, bien construit et d'une grande sophistication. Il a été spécialement désigné pour être conforme ou même

dépasser de loin les spécifications imposées par les différents organismes régissant l'aviation civile pour les vols commerciaux sur monomoteurs en vols IFR/IMC ou par vols VFR de nuit.

Les performances de l'appareil, l'instrumentation, les commandes de vol et l'intégrité du design sont autant d'éléments qui facilitent la tâche du pilote et assurent un niveau de sécurité élevé des vols IFR/IMC et VFR de nuit. La réputation des moteurs de la famille PT6A, les performances du Pilatus PC-12 quant aux distances franchissables et à la gestion du carburant, les performances ascensionnelles et la grande capacité de planer de l'aéronef sont autant d'éléments qui font de cet aéronef une alternative intéressante aux bimoteurs établis. De plus, les faibles vitesses de décrochage du PC-12, combinées au design exceptionnel de la carlingue, augmentent de façon significative les chances de survie en cas d'atterrissage forcé lorsque l'aéroport de dégagement ne peut être atteint.

Le TBM 700 est également un aéronef très performant. Cependant, son rayon d'action, sa puissance à l'arbre de l'hélice (SHP) et sa capacité sont plus faibles comparativement au PC-12. Par contre, l'aéronef est aussi sécuritaire que le PC-12.

Le Cessna 208B Grand Caravan possède aussi des caractéristiques et performances intéressantes lorsqu'on le compare au Piper Navajo (PA-31). Toutefois, elles sont de loin inférieures à celles du Pilatus PC-12 et du TBM-700 (puissance, rayon de planage, etc.).

Le Pilatus PC-12 est donc un aéronef fiable et sécuritaire. Cependant, comme on le souligne à chaque fois dans les rapports Nall [6.1] en citant la Cour suprême des États-Unis, ***« sécurité » et « absence de risque » ne sont pas deux concepts équivalents***. Cette remarque souligne l'importance de la définition d'un environnement opérationnel approprié pour minimiser le risque éventuel que représenterait l'exploitation d'un aéronef. Cet environnement inclut

bien évidemment les programmes de maintenance et de surveillance des paramètres du moteur, la formation des pilotes et la gestion de leurs conditions de travail, la planification des vols, etc. Rappelons que selon les statistiques [6.1], le facteur humain est un facteur causal ou contributif de plus de 70% des accidents d'aéronefs.

## 6.2 FIABILITÉ, SÉCURITÉ ET GESTION DE RISQUE

Le chapitre 4 compare le risque présenté par les monomoteurs ciblés à celui des bimoteurs identifiés en vue de déterminer si ce risque est gérable pour toute mission (703-704) sur le territoire québécois. Nous y avons montré :

1. qu'il n'y a pas de différence significative des monomoteurs identifiés et ciblés en terme de fiabilité des groupes motopropulseurs (Figure 4.5);
2. que l'on ne peut affirmer hors de tout doute que le bimoteur soit plus sécuritaire que le monomoteur (Tableau 4.15) ;
3. que le Piper PA-31 présente plus d'insécurité que les monomoteurs ciblés ou identifiés (tableau 4.15) ;
4. qu'il est plus sécuritaire d'opérer avec deux pilotes plutôt qu'un seul pilote et un pilote automatique (Tableau 4.3) ;
5. qu'en général, plus un aéronef est complexe, plus la probabilité d'observer un incident causé par un facteur intrinsèque au moteur et affectant les performances de celui-ci est élevée (Tableau 4.7).

---

[6.1] AOPA Air Safety Foundation (2001): *Nall Report: General Aviation Accidents-Trends and Factor for 2000*. http://www.asf.org

Relativement au risque présenté par le Pilatus PC-12 et le TBM 700 en cas de perte de moteur en phase croisière sur des routes aériennes au-dessus du territoire québécois, nous avons observé (voir section 4.4.3) :

6. qu'au Sud du 50e parallèle, ce risque est parfaitement gérable en raison de la présence de nombreux aérodromes certifiés ;
7. qu'au Nord du 50e parallèle, il est toujours possible d'identifier des routes aériennes qui respectent le critère d'avoir un aéroport de dégagement dans le rayon de planage de l'aéronef.

Ces conclusions issues des analyses conduites dans le chapitre 4 jumelées aux résultats que l'on retrouve dans la littérature permettent de conclure que *le risque présenté par le PC-12 et le TBM 700 est gérable sur tout le territoire québécois pour autant que l'environnement opérationnel soit bien défini*.

## 6.3 OPINION DES OPÉRATEURS ET UTILISATEURS

À l'unanimité, *les opérateurs et utilisateurs reconnaissent l'excellence des performances du PC-12*. Par contre, malgré la fiabilité prouvée du moteur, des réticences sont émises quant à l'utilisation de l'aéronef dans des conditions météorologiques extrêmes et dans un environnement présentant une densité très faible d'aéroports de dégagement. La raison invoquée est qu'en cas de panne moteur, le monomoteur n'offre d'autre choix que de se trouver un site convenable pour atterrir. Il n'a pas été possible d'obtenir l'opinion des opérateurs du TBM 700, cet aéronef n'étant pas très utilisé au Canada (un seul exemplaire).

Rappelons que la gestion de risque comporte aussi un aspect qui touche l'équipement de survie. Il est évident que dans des conditions normales, la disponibilité d'équipements de communications sophistiqués permet un repérage facile et l'arrivée rapide de secours. Le problème se pose en cas de

conditions météorologiques extrêmes. Il y donc lieu de définir un environnement opérationnel bien spécifique. Comme le souligne le FAA, *autoriser des opérations SEIFR ne convertit pas un aéronef pour des opérations en toutes conditions météorologiques et n'autorise pas son utilisation pour n'importe quelle opération, sans restrictions.*

L'autre objection souvent entendue, particulièrement de la part des opérateurs et utilisateurs de bimoteurs, est relative au nombre de moteurs. Pour reprendre les propos d'un pilote du SAG, *les appareils monomoteurs à turbines sont fiables et de plus en plus fiables mais, un bimoteur équipé de mêmes turbines est de loin plus fiable.* Nous avons montré dans cette étude que les statistiques démontrent qu'il n'y a pas de différences significatives entre la fiabilité des groupes motopropulseurs des aéronefs ciblés (Figure 4.5). De façon plus précise, *il est impossible d'affirmer hors de tout doute que les bimoteurs identifiés (BE-100 et PA-31) soient plus fiables que le PC-12.*

Conclure que les monomoteurs ne sont pas fiables sous la seule raison qu'en cas de panne moteur ils n'ont d'autre choix que d'atterrir est plutôt une attitude trop simpliste. Bien d'autres facteurs sont à considérer et, unanimement, opérateurs et utilisateurs soulignent que *lorsque l'environnement opérationnel est adéquat, rien ne s'oppose à l'utilisation de PC-12 pour des opérations commerciales (703-704).*

Le facteur humain est également un facteur important puisqu'il est contributif de près de 70% des accidents. À ce titre, gérer le risque doit mettre l'accent sur la minimisation du facteur humain dans la genèse des accidents. L'importance de l'entraînement et de l'expérience des pilotes est dans ce contexte un atout majeur pour faciliter la prise de décision en cas de problèmes techniques. Ceci n'est pas seulement valide pour les monomoteurs. Bien des accidents impliquant les bimoteurs sont le résultat d'un mauvais choix en cas de panne moteur. Au lieu de se diriger vers l'aéroport le plus proche en cas de panne moteur, le pilote du bimoteur estime que le second moteur va le conduire à destination, et c'est souvent vers le lieu de l'accident qu'il se retrouve. La

décision sur un monomoteur est bien simple : atterrir dès que possible. Et dans le cas du PC-12, *ses caractéristiques du planage, sa basse vitesse de décrochage, son endurance et la résistance de sa structure en font un aéronef très sécuritaire en cas d'atterrissage dur.*

## 6.4 RECOMMANDATIONS

L'étude a démontré qu'en autant que les caractéristiques et les performances du PC-12 soient les seules considérées comparativement aux bimoteurs identifiés, *on peut affirmer que cet aéronef peut remplacer valablement le King Air 100 ou le Piper PA-31 Navajo pour des missions (703-704)*. *Cette même conclusion reste valide lorsque l'on considère la fiabilité des groupes motopropulseurs ou que l'on analyse les rapports accidents/incidents.* Nous avons montré que *l'on ne peut affirmer hors de tout doute qu'un BE-100 ou PA-31 soit plus fiable qu'un monomoteur à turbine de nouvelle génération.*

Cependant, les objections et réticences émises par les opérateurs et utilisateurs doivent être prises en compte. L'on ne peut en effet ignorer que, même si l'aéronef a une grande capacité de planer, une faible densité d'aérodromes et des conditions météorologiques extrêmes peuvent représenter un risque réel en cas de panne moteur en phase croisière. Nous avons montré qu'au sud du 50$^{e}$ parallèle, une panne de moteur en phase croisière ne représentait pas de risque majeur en raison de la présence d'un nombre suffisant d'aérodromes (section 4.4.2). Au nord de cette limite, le choix de la route prend une importance capitale, advenant une panne de moteur en croisière. Les résultats de cette étude, nous ont permis d'arriver aux conclusions suivantes :

1. nous recommandons l'utilisation du PC-12 par le SAG pour ses opérations, et ce en mode "location de service" car le risque présenté

par cet aéronef est gérable sur tout le territoire québécois pour autant que l'environnement opérationnel soit bien défini :

a) au sud du 50e parallèle, le risque présenté par une panne de moteur est négligeable en raison de la présence de nombreux aérodromes ;

b) les opérations avec des aéronefs monomoteurs dans le Grand Nord Québécois (au nord du 50e parallèle) devraient respecter un ensemble de routes préétablies (voir 4.4.2) ;

2. la présence de deux pilotes à bord devrait être obligatoire et non un pilote et un pilote automatique ;

3. nous ne recommandons pas l'utilisation du TBM-700 et du Cessna 208B, Grand Caravan, par le Service aérien gouvernemental pour les raisons suivantes :
   a) leur faible rayon d'action ;
   b) leur faible rayon de planage (taux de planage : 1,66 nm/1000 pi et 2,3 nm/1000 pi, respectivement) ;
   c) leur faible puissance à l'arbre (700 SHP et 675 SHP, respectivement) ;

4. relativement à la maintenance des aéronefs et l'environnement opérationnel, nous ne prévoyons pas de recommandations d'entretien spécifiques pour les monomoteurs ; par contre, les règles d'entretien de Transports Canada concernant tous les aéronefs devraient être exécutées convenablement ; aussi, la formation et l'expérience des pilotes devraient occuper une place importante dans l'évaluation de l'environnement opérationnel (voir 2.4) ;

5. au cours de cette étude, quelques difficultés ont été rencontrées au niveau de la liste globale des aérodromes (répertoriés et/ou privés) et

des campements disponibles dans le Grand Nord québécois. Nous suggérons donc qu'un effort de mise à jour de cette information soit entamé. Elle faciliterait sans aucun doute la gestion de risque.

Finalement, ces recommandations sont aussi valables pour tout autre territoire, pour autant qu'un environnement opérationnel respectant les limitations indiquées soit mis en place.

## CHAPITRE VII

## SUIVI DE LA RENCONTRE DU 2 AVRIL 2003

La présentation de ce rapport a eu lieu le 2 avril 2003 dans les locaux du Secrétariat du Conseil du Trésor à Québec. Étaient présents à cette rencontre :

- Lucy Wells, secrétaire associée aux services gouvernementaux ;
- Jean Couture, sous-ministre adjoint à la Direction générale des politiques de la sécurité des transports ;
- André Méloche, Directeur du transport maritime, aérien et ferroviaire (MTQ) ;
- Rémy Normand, adjoint au bureau de la secrétaire associée ;
- Michel Gagnon, Directeur général au Service Aérien Gouvernemental (SAG) ;
- Roger Ledoux, chef de service, Transport Maritime, Aérien et Ferroviaire ;
- André Brindamour, Directeur des services spécialisés (SCT) ;
- Aouni A. Lakis, professeur, chargé du projet et responsable scientifique de l'étude, Ecole Polytechnique ;
- Salvator Birikundavyi, associé de recherche, Ecole Polytechnique ;
- Marc Langelier, Directeur du CQFA et
- Gheorghe Bursuc, associé de recherche, Ecole Polytechnique.

Après que Madame Wells eut souhaité la bienvenue aux participants, Monsieur Lakis a été invité à faire la présentation des résultats de l'étude. Cette présentation a été suivie par des questions et des demandes d'éclaircissements sur certains points du rapport. La présentation a été fort appréciée et les échanges qui ont suivi ont été fructueux. Il a toutefois été convenu de compléter le rapport par une transcription écrite du contenu de ces échanges oraux. L'objet de ce chapitre est de fournir tous les éclaircissements souhaités et compléter si nécessaire les informations déjà fournies. La structure de ce

chapitre est calquée sur l'organisation de la liste des questions soumises (voir Annexe 7A).

## 7.1 VOLET "HOMOLOGATION ET CERTIFICATION"

### 7.1.1 SEIFR et aviation corporative

Le point 2.2.2 du présent rapport indique que les règlements SEIFR au Canada s'appliquent uniquement aux services aériens commerciaux et que les normes sont moins restrictives pour l'aviation corporative et/ou privée. *Cette affirmation est également valable pour toutes les catégories d'avion*. La raison est bien évidemment le souci du Gouvernement « *d'assurer un niveau de sécurité plus élevé aux usagers des vols commerciaux* ».

Un opérateur privé (ou corporatif) ne peut être fournisseur au SAG. *Tous les fournisseurs du SAG doivent être des opérateurs commerciaux.* Le SAG a donc l'obligation de s'assurer que tous ses fournisseurs détiennent un certificat d'opération « commercial » et qu'ils respectent les normes régissant l'aviation commerciale.

### 7.1.2 PC-12 et exigences du JAA

Les exigences SEIFR proposées par le JAA sont résumées à la section 2.3.3, pages 2.12 à 2.13. Selon les données actuelles, *le Pilatus PC-12 satisfait à toutes ces exigences*. Rappelons à cet effet que ce ne sont pas les arguments basés sur les performances qui retardent l'autorisation des vols SEIFR par le FAA, mais plutôt des considérations qui touchent l'environnement opérationnel et l'absence d'unanimité au sein des membres. Ainsi, deux camps se font face : ceux qui sont prêts à autoriser les vols SEIFR et ceux qui s'y opposent farouchement. Le premier groupe comprend les pays scandinaves et la France. Ce groupe a par ailleurs déjà approuvé les vols SEIFR pour le transport de fret. Le second groupe, avec à sa tête le Royaume-Uni (British CAA*), appuyé par

* British Civil Aviation Authority

l’association britannique des pilotes de ligne (BALPA[*]) et le SBAC[**] s’oppose farouchement à toute idée d’autoriser les vols SEIFR. *Le point de vue du BALPA représente les préoccupations des pilotes britanniques sur les conséquences au sol en cas d’atterrissage forcé sur des zones à forte densité de population et sur les difficultés d’effectuer un tel atterrissage. L’autorité de l’aviation civile britannique (UK CAA) quant à elle exige des améliorations significatives de l’intégrité des systèmes, des limitations opérationnelles et une formation plus adaptée pour les pilotes avant de reconsidérer sa position. La position du SBAC reflète le point de vue du manufacturier Britten-Norman, principal fabriquant de bimoteurs légers en Grande-Bretagne*. À ce jour, ce groupe est minoritaire au sein du JAA, mais les règles de fonctionnement internes exigent une unanimité des membres.

Malgré ces divergences, il semble bien évident que la JAA procédera prochainement à *une approbation progressive* des vols SEIFR [7.1]. Dans un premier temps, seul le transport de fret en vol SEIFR serait autorisé afin de créer un climat de confiance. Le transport de passagers interviendrait ultérieurement.

### 7.1.3 Autorisation SEIFR et performances

À la section 2.7.1.1, le rapport indique que « *l’autorisation SEIFR accordée aux monomoteurs turbopropulsés, régis par le dernier FAR 23 en date, est fondée sur la certitude que ces appareils offrent un degré de sécurité équivalent à celui des multimoteurs certifiés selon le RAC 3 ou les premières versions du FAR 23 ».* L’interprétation du terme « *certitude* » doit se faire comme suit : D’une part, les analyses statistiques des accidents montrent que, comparativement aux monomoteurs, les bimoteurs à pistons certifiés FAR 23 accusent un taux de mortalité supérieur des occupants lors de pertes de contrôle causées par une panne moteur au décollage ou pendant l’approche interrompue. D’autre part,

[*] British Airline Pilot Association
[**] The Society of british Aerospace Companies

beaucoup d'accidents mortels impliquant les monomoteurs sont le résultat de vols VFR dans des conditions IMC [7.2]. En conséquence, l'autorisation SEIFR assure une plus grande sécurité des monomoteurs en réduisant à la fois les accidents avec décès et autres impacts sans perte de contrôle (CFIT*) dus aux vols VFR en IMC. Sous cet angle, l'autorisation des vols SEIFR offre une certitude que les monomoteurs ont un degré de sécurité comparable à celui des bimoteurs certifiés dans la même catégorie, particulièrement en conditions IMC.

### 7.1.4 Arguments statistiques et autorisation SEIFR

En parcourant les différents rapports d'accidents impliquant des monomoteurs, on se rend compte que les vols VFR en IMC sont générateurs de bien des accidents avec décès. De plus, la majorité de CFIT ou impacts sans perte de contrôle sont le résultat de vols VFR en IMC. En autorisant les vols SEIFR, le résultat attendu est une réduction de ce genre d'accidents et donc une plus grande sécurité des vols sur monomoteurs. Sous cet angle, une exploitation SEIFR constitue une alternative sécuritaire.

## 7.2 VOLET "STATISTIQUES"

Le rapport d'Hydro-Québec date de juillet 2000 et utilise les données de 1998. Il y aurait eu possibilité d'utiliser plutôt toutes les données disponibles pour les sept (7) années d'existence du PC-12. En juillet 2000, plus de 200 PC-12 étaient en opération dans le monde; le 200e ayant été livré en mars 2000 [7.3]. *Les statistiques disponibles pour ces 7 années auraient été suffisantes pour démontrer la fiabilité du moteur PT6A-67B qui équipe le PC-12 et la sécurité des aéronefs*. Il est important ici de noter que *le nombre restreint des accidents ne doit pas être utilisé pour conclure à l'état embryonnaire des séquences*. Pour la fiabilité du groupe motopropulseur, ce sont les données relatives au gros PT6A qu'il aurait fallu utiliser, c'est-à-dire combiner les données du moteur qui équipe le TBM 700 à celles du PC-12. En 1998, les deux types d'aéronef avaient déjà

* Controlled flight into terrain

cumulé 233 110 heures de vol, ce qui est largement suffisant. *On ne peut donc affirmer objectivement qu'en 2000 les statistiques étaient embryonnaires*.

Quelques éléments du rapport d'Hydro-Québec nécessitent toutefois d'être corrigés : *(i) contrairement à ce qui est affirmé dans le rapport, le PC-12 offre une duplication de la plupart des appareils de sécurité (voir Chapitre 2); (ii) l'homologation SEIFR a été adoptée par la FAA en 1997 et est devenue effective en 1998. De plus, la FAA autorise les vols IFR sur les monomoteurs à pistons comme sur les monomoteurs à turbine; (iii) en 2000, le Brésil, l'Afrique du Sud et la Nouvelle-Zélande avaient également autorisé les vols SEIFR tout comme le Canada, les États-Unis et l'Australie.*

L'hostilité du climat du Grand Nord québécois ne peut pas être mise en doute. Toutefois, nous montrons dans ce rapport que malgré tout, les performances du PC-12 et les infrastructures aéroportuaires existantes rendent le risque gérable, pour autant que les routes aériennes soient choisies convenablement.

### 7.2.1 Les données actuelles sont-elles à un état embryonnaire?

#### A. Fiabilité du moteur

Le rapport utilise les données de 1999 à 2002 pour estimer le taux d'extinction en vol du moteur (tableau 4.4, p. 4.21). Il ne s'agit point ici de limitation. Le critère d'homologation stipule que la fiabilité du moteur doit être telle que le taux d'extinction en vol du moteur doit être inférieur à 0,01/1000 heures de vol. *Ce taux est basé sur une moyenne mobile de six (6) mois en terme du taux d'extinction en vol du moteur ou sur un cumul de 100 000 heures de service*. <u>Tout écart significatif par rapport à cette norme entraîne une révision de l'homologation de l'aéronef; une situation qui ne s'est pas encore présentée pour le PT6A-67B jusqu'à ce jour</u>. Les données fournies par P&WC sont disponibles à la fois pour les six (6) derniers mois, pour une année et même pour les 3 dernières années. Nous avons choisi d'utiliser la plus longue séquence disponible, soit 3 ans, compte tenu du fait que des écarts par rapport

à la norme n'ont pas encore été observés. *Il n'y a donc pas lieu de parler d'un état embryonnaire des statistiques lorsqu'il s'agit des données sur la fiabilité des moteurs*. (tableaux 4.4, 4.5 et 4.6).

**B. Rapports d'accidents**

Pour les données canadiennes (Tableau 4.7, p. 4.33 et Tableau 4.8, p. 4.34), les données des accidents obtenues couvrent la période de 1998 à 2002, alors que celles de l'exposition au risque (heures cumulées de vol) couvrent la période de 1994 à 2001. La période commune étant de 1998 à 2001, nous avons choisi cette période pour l'analyse des accidents impliquant des aéronefs enregistrés au Canada. On y observe avec intérêt que le dernier accident impliquant un PC-12 au Canada date de mai 1998. Aucun accident impliquant un PC-12 enregistré au Canada n'est signalé depuis cette date. De plus, les données indiquent que le taux d'utilisation des PC-12 est tout à fait comparable à celui des BEECH 100&200, soit une moyenne de 2190 heures par PC-12 contre 2231 heures par BEECH 100&200 durant la période considérée. Rappelons aussi que la flotte canadienne ne comporte que 27 BEECH 100, comparativement à 56 pour le PC-12[*].

Pour les données américaines, les taux sont présentés pour la période allant de la certification jusqu'en 2001. (Tableau 4.9, p.4.35 et Tableau 4.10, p.4.36). C'est-à-dire que pour le PC-12, les données couvrent une période de 8 ans, période au cours de laquelle les PC-12 enregistrés aux États-Unis ont cumulé 360 500 heures sans connaître d'accident mortel. Une expérience de 8 ans impliquant plus de 200 aéronefs est plus que suffisante pour conclure que les données ne sont plus à l'état embryonnaire?

La longueur des séquences n'est pas définie par le nombre d'accidents. De ce fait, *l'accident doit être considéré comme un événement rare et moins on en observe, mieux c'est*. Il est bien évident que *les statistiques basées sur les seuls*

[*] Base de données de Transport Canada, janvier 2003

*accidents ne sont valides que si on tient compte de leurs intervalles de confiance*. Et plus le nombre d'accidents sera faible, plus l'intervalle de confiance sera très large. Le jugement sur la longueur de la séquence statistique doit donc se baser sur la vie de l'aéronef et sur son utilisation. Nous savons qu'aujourd'hui le PC-12 est à sa neuvième année d'existence et que jusqu'à ce jour on compte plus de 370 appareils en opération dans le monde. Par ailleurs, on ne dénombre que 3 accidents mortels ayant impliqué un PC-12 dans le monde entier, et ce depuis 1994. De plus, aucun de ces accidents n'a été causé par un problème mécanique. Par conséquent, *en considérant les taux d'accidents ainsi que la population des PC-12 et leur utilisation, il ne fait point de doute que les séquences de données disponibles justifient les conclusions du rapport*.

La seule raison qui justifierait le refus de prendre une décision relativement au PC-12 aujourd'hui n'est donc pas la séquence statistique, mais l'environnement opérationnel ou des considérations touchant des aspects extrinsèques à la fiabilité des appareils. Rappelons à cet effet que *ni la UK CAA, ni le BALPA ou le SBAC n'invoquent des aspects statistiques dans leur refus de voir homologués les vols SEIFR par le JAA*. Seuls des aspects touchant l'environnement opérationnel sont mis de l'avant (voir 7.1.2).

### 7.2.2 Risque relatif de décès dans un accident

Le tableau 4.2, page 4.7, et le tableau 4.5, page 4.24 présentent une estimation du risque relatif présenté par les accidents impliquant les aéronefs ciblés. *Il est important de ne jamais considérer ces résultats sans leurs intervalles de confiance dans la mesure où l'on travaille sur de petits nombres*. Cependant, l'utilisation de données non désagrégées des données des accidents impliquant des monomoteurs versus BEECH 90&100 ou PA 31 donnerait des résultats plus significatifs. Ces résultats ne pourraient cependant rendre justice aux PC-12 et TBM 700 puisque les données du groupe de monomoteurs sont largement dominées par celles concernant le Cessna Caravan. La vraie comparaison en

terme de fiabilité doit cependant introduire le concept d'exposition au risque et donc tenir compte de l'utilisation des aéronefs (heures cumulées de vol).

*On ne peut pas faire l'analyse du risque relatif comme telle en pondérant les données des tableaux 4.2 et 4.5 par la population et/ou par le nombre d'heures cumulées*. *Les tableaux de contingences sont des tableaux de nombres entiers et sont analysés comme tels*. La prise en compte de l'exposition au risque est présentée aux tableaux 4.7 à 4.10 en terme de taux d'accidents.

### 7.2.3 Données sur les accidents des bimoteurs avec perte de moteur

Il est possible d'obtenir des données statistiques relatives aux accidents de bimoteurs lorsqu'il y a perte d'un moteur en vol et que le pilote n'arrive pas à maîtriser la situation. Pour cela, il faut les établir soi-même en parcourant les rapports d'accidents sur le site Internet du NTSB ou en lisant le volumineux document de Breiling [7.4] qui regroupe tous ces rapports. Ce serait un travail de longue haleine (environ 2 mois de travail). Pour le Canada, il faudrait que le BST fournisse les copies des rapports d'accidents et que le MTC donne toute les informations sur le nombre d'heures de vol cumulées par les aéronefs. Les mêmes informations seraient requises des institutions similaires aux États-Unis. Cela vaudrait cependant la peine de le faire, ne fut-ce que pour établir des statistiques valides sur cette problématique de gestion de bimoteurs en cas de perte de moteur dans la phase croisière.

Les seules données disponibles actuellement peuvent être trouvées dans le rapport du NTSB [7.5] (Tableau 7.1). On n'y précise pas cependant si l'accident est dû à la perte d'un seul moteur ou des deux moteurs.

Tableau 7.1 : Accidents suite à des problèmes de moteur sur les bimoteurs légers (1972-1976)

| Phase | Acc avec décès | Autres | Total |
|---|---|---|---|
| Décollage | 45 | 102 | 147 |
| En vol | 50 | 175 | 225 |
| Atterrissage | 28 | 77 | 105 |
| Total | 123 | 354 | 477 |

Le rapport rappelle que lorsqu'une panne de moteur survient sur un monomoteur, le pilote n'a qu'un seul choix : atterrir. Pour les bimoteurs légers qui font l'objet de l'étude, une alternative est offerte au pilote après la perte du moteur. Dans la plupart des cas, il peut continuer avec succès sa mission alors que dans d'autres, les performances inadéquates de l'aéronef ne le permettent pas. L'erreur souvent commise par les pilotes de bimoteurs légers est de surestimer les performances de l'aéronef et de tenter de poursuivre leur mission après la perte d'un moteur alors qu'ils auraient du se poser. Cela explique leur taux élevé des accidents avec décès en cas de perte d'un moteur.

### 7.2.4 Probabilité de bris du PC-12 en cours de mission

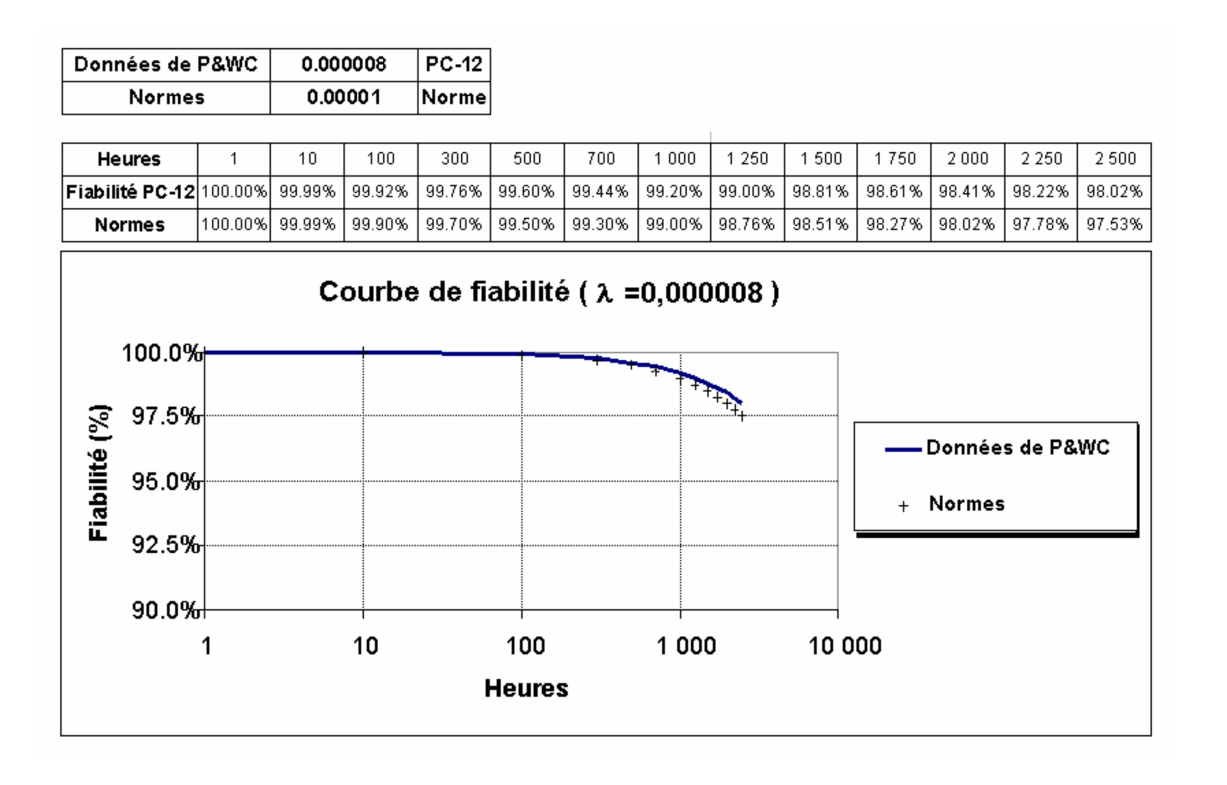
Les données de P&WC nous indiquent que la fiabilité du PT6A-67B qui équipe le PC-12 peut être décrite par le modèle :

$$P_M(t) = 1- e^{-\lambda t} \quad (7.1)$$

où $\lambda$ = 0,000008. Utilisant cette équation (7.1), on montre facilement que la fiabilité du moteur après 2 500 heures de vol est de 98,02%. La probabilité de bris est donc 1,98%. Cette estimation n'a cependant qu'une valeur indicative, la fiabilité étant fonction de l'entretien et de l'utilisation de l'appareil. Pour des fins

d'illustration, nous présentons sur la figure 7.1 la courbe théorique de fiabilité du moteur PT6A-67B qui équipe le PC-12 telle que définie par l'équation (7.1).

S'agissant de la probabilité que l'appareil soit à une distance qui ne lui permette pas de se poser sur un aéroport de sécurité, *celle-ci est nulle puisque nous avons exclu cette possibilité en imposant que l'appareil reste sur une route aérienne qui lui permette à tout instant d'atteindre sans problème un aéroport de sécurité*. La planification du trajet devient ici un élément important dans la gestion du risque.



| | | |
|---|---|---|
| Données de P&WC | 0.000008 | PC-12 |
| Normes | 0.00001 | Norme |

| Heures | 1 | 10 | 100 | 300 | 500 | 700 | 1 000 | 1 250 | 1 500 | 1 750 | 2 000 | 2 250 | 2 500 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fiabilité PC-12 | 100.00% | 99.99% | 99.92% | 99.76% | 99.60% | 99.44% | 99.20% | 99.00% | 98.81% | 98.61% | 98.41% | 98.22% | 98.02% |
| Normes | 100.00% | 99.99% | 99.90% | 99.70% | 99.50% | 99.30% | 99.00% | 98.76% | 98.51% | 98.27% | 98.02% | 97.78% | 97.53% |



Figure 7.1 Courbe de fiabilité du moteur du PC-12 ($\lambda$=0,000008)

## 7.3 VOLET "ENVIRONNEMENT OPÉRATIONNEL ET GESTION DES RISQUES"

Le SAG fait observer à juste titre qu'il n'a que peu de contrôle sur l'entretien des appareils loués et sur les opérations d'un transporteur privé avec lequel il fait affaire. *Cette observation est aussi valide pour les bimoteurs actuellement en location*. Notre compréhension de cette observation est que puisque le SAG n'a aucun contrôle sur l'entretien, il souhaite minimiser le risque en optant pour la location de bimoteurs. Il s'agit ici d'une option du SAG.

Le Règlement sur l'aviation civile (RAC) n'offre pas de garanties concrètes. Comme toute législation, il définit un cadre légal que normalement tous les opérateurs doivent respecter. *Il appartient à celui qui requiert le service de s'assurer qu'il fait affaire avec un transporteur qui respecte les normes fixées par le RAC.*

Pour ce qui est du SEIFR, le respect des normes fixées par le RAC au niveau des équipements ne se pose pas pour le PC-12. Ces équipements sont installés à l'usine sur tout aéronef PC-12 qui sort des ateliers de Pilatus Aircraft.

La formation des pilotes, leur expérience, la santé financière du transporteur ainsi que les conditions d'opération seraient des éléments que le SAG devrait vérifier lui-même. Il est clair que la santé de l'entreprise a une influence sur le choix des pilotes et sur les conditions d'opération.

Relativement à l'entretien des aéronefs, Transports Canada est tenu de s'assurer que tout transporteur enregistré respecte les normes. Rappelons toutefois qu'*il n'y a pas de normes supplémentaires imposées aux exploitants de monomoteurs*.

Il semble évident que *celui qui requiert un service peut formuler des exigences qui lui conviennent lorsqu'il choisit le transporteur avec qui il veut faire affaire*. Le SAG a donc le droit d'exiger que les appareils qu'il souhaite pour son service de

nolisement soient tous équipés du logiciel de surveillance automatique des paramètres du moteur. Il aurait le droit aussi d'exiger du transporteur de lui fournir l'historique des appareils qu'il offre pour le service de nolisement. *Tout ceci sort cependant du mandat de l'étude*.

### 7.3.1 Surveillance automatique des paramètres du moteur

Le programme de surveillance d'état moteur ECTM® (Engine Condition Trend Monitoring) est de rigueur pour les moteurs couverts par le programme ESP® (PT6, PW100, JT15D, …). Le traitement et l'analyse des données ECTM® sont offerts gratuitement aux exploitants inscrits au programme ESP® (plan budgétaire d'entretien moteur *Eagle Service Plan* offert par P&WC). Ce dispositif ne nécessite aucun téléchargement manuel des données.

En l'absence de ce dispositif de consignation électronique ECTM®, les données nécessaires à l'analyse doivent être consignées manuellement à partir des instruments de bord durant le vol. Les données manuelles sont alors transmises à P&WC ou à un centre d'analyse de données désigné pour le traitement et l'analyse. L'exploitant doit télécharger les données consignées sur une unité électronique de diagnostic moteur et les envoyer à P&WC ou un centre d'analyse de données désigné une fois par mois pour le traitement.

En uniformisant les données de vol et en tenant compte des réglages du régime moteur, on est en mesure de comparer les performances du moteur d'un vol à l'autre. Ainsi, une détection précoce des problèmes permettra de réduire les frais d'entretien et de préserver des taux horaires ESP® raisonnables. Une telle détection pourrait aussi optimiser la planification de l'entretien (et donc diminuer les temps d'immobilisation), en plus de réduire le risque d'anomalies de fonctionnement en vol. Le programme ECTM® est offert gratuitement sur le PC-12 pour la première année d'utilisation.

L’autorité de l’aviation civile australienne (CASA) exige la présence du programme sur tous les monomoteurs homologués SEIFR. Dans ses exigences, le JAA va dans le même sens. Il n’est donc pas exclu, que dans un effort d’harmonisation, le Canada aille également dans ce sens.

Le SAG serait donc fondé d’exiger que tous les aéronefs considérés dans son appel d’offres soient équipés du programme ECTM®, qu’ils soient bimoteurs ou SEIFR. En ce qui nous concerne, *nous suggérons que tous les aéronefs, y compris ceux opérés par le SAG, soient équipés de ce dispositif de surveillance automatique (*ECTM®*)*.

### 7.3.2 Validité des conclusions de l’étude

L’étude a été conduite le plus objectivement possible et les conclusions sont transposables quel que soit le territoire considéré, pour autant que les contraintes de l’environnement d’exploitation soient bien définies. C’est ce à quoi réfère la phrase indiquant que *les recommandations sont valides pour tout autre territoire.*

### 7.3.3 Aéroports répertoriés et déneigés

Durant la discussion qui a suivi la présentation du rapport le 2 avril 2003, il a été indiqué que certains aérodromes utilisés pour établir les cartes n’étaient pas tous équipés pour des opérations IFR et que certains d’entre eux étaient fermés la nuit et/ou durant la période hivernale. Une nouvelle liste a donc été établie sur la base des informations les plus récentes [7.6], [7.7] et [7.8]. Tout comme pour la section 4.4.2, des cartes présentant les capacités de planer du PC-12 sont présentées pour des altitudes de croisière de 29 000 pi et de 24 000 pi en utilisant les aéroports avec approche IFR ouverts jour et nuit dans un premier temps, auxquels nous ajoutons ensuite les aéroports qui ont des pistes éclairées la nuit dans une deuxième évaluation. La carte 7.1 représente les performances de planage du PC-12 à partir d’une altitude de croisière de 29 000 pi en utilisant les seuls aérodromes IFR ouverts jour et nuit au Québec.

En y ajoutant les aérodromes avec pistes éclairées, on obtient la carte 7.2. Le même exercice est repris pour une altitude de croisière de 24 000 pi (Cartes 7.3 et 7.4). Un coup d'œil à ces cartes montre qu'au sud du 50e parallèle, il est toujours possible d'identifier une route aérienne respectant la contrainte voulant qu'à tout instant l'aéronef ait au moins un aéroport sécuritaire où il pourrait se poser en cas d'urgence. Le nolisement du PC-12 dans cette zone ne pose donc aucun problème.

Au Nord du 50e parallèle, le risque est fonction de la route choisie. Les cartes 7.1 à 7.4 montrent cependant que la majorité du territoire peut être couvert avec peu de risque en longeant les frontières du territoire québécois. Certains endroits (centre du Grand Nord québécois) ne sont cependant couverts que si l'on inclut des aérodromes non certifiés (voir cartes 4 et 7 de l'annexe 4C).

Les cartes montrent toutefois que le risque reste gérable dans le Grand Nord québécois, pour autant que la route à suivre soit préétablie. Il s'agit ici donc d'un élément que doit inclure l'environnement opérationnel.

Dans notre rapport, le TBM 700 et le Grand Caravan n'étaient pas recommandé pour le transport de personnes. Le TBM 700 possède un rayon d'action et un taux de planage moins élevé. Pour le Cessna, l'absence de pressurisation impose une altitude de croisière plutôt faible (10 000 pi), confinant le Grand Caravan au seul transport de fret. L'utilisation de cette liste restreinte des aérodromes IFR vient renforcer nos conclusions relativement à ces aéronefs.

### 7.3.4 Équipement de localisation d'aérodromes sur PC-12

La base de données des aérodromes disponibles est incluse dans le GPS* du Pilatus PC-12 , lequel est couplé à l'EFIS**. Le pilote peut donc voir en tout temps à l'écran les aéroports qui se trouvent à distance de vol plané en cas de panne moteur. Le pilote dispose également de toute l'information pertinente

* GPS: Global Positioning System
** EIFS: Electronic Flight Instrument System

concernant chacun de ces aéroports. De plus, le GPS KLN90B dont sont équipés tous les Pilatus PC-12 possède une fonction spécifique donnant rapidement l'information sur la facilité la plus proche.

### 7.3.5 Risque présenté par un aérodrome non déneigé

Les constructeurs publient pour chaque type d'avion des limites d'utilisation certifiées pour diverses conditions météorologiques. Les compagnies aériennes retiennent ces mêmes valeurs. De surcroît, elles sont tenues de fournir à leurs équipages des limitations de vents de travers au décollage et sur piste enneigée (généralement entre 15 et 25 nœuds). *Dépasser ces limitations*, outre le risque encouru par les passagers, les équipages et les appareils, *engagerait la responsabilité de la compagnie aérienne et de ses commandants de bord en cas d'accident.* *Les pilotes avertis ne voleront donc jamais sans avoir pris connaissance des plus récentes données météorologiques, même pour une envolée à courte distance*. Pour une opération sécuritaire, il faut que le pilote respecte les limitations du manufacturier. Cela fait partie des caractéristiques importantes d'un bon environnement opérationnel.


Figure 7.2: Atterrisage dans la neige (PA-28)

*Le Pilatus PC-12 est certifié pour opérer sur tous les types de pistes, qu'elles soient pavées, gazonnées, glacées ou avec gravier*, et la longueur de piste requise pour son atterrissage se situe entre 945 pi et 1830 pi (voir tableau 3.4, p.3.13). *Donc, pour autant que les limitations soient respectées, cet aéronef ne présente pas de risque particulier lors d'un atterrissage sur piste enneigée*. De fait, la neige agit dans ce cas comme un coussin naturel qui sert à absorber et à réduire

considérablement la force d'impact. C'est l'avis des pilotes consultés.
La figure 7.2 montre l'illustration d'un monomoteur de type Piper PA-28 lors d'un atterrissage dans la neige à la suite d'une perte de moteur en janvier 2003, à Portland, en Oregon. Le pilote, Thomas Hacket (71 ans) de Newfields, N.H., n'a pas subi de blessure lors de cet atterrissage.

Le PC-12 est équipé d'un GPS très performant qui donne avec grande précision les informations relatives à la position des pistes. Les modèles récents (série 400) sont même équipés d'un *« Moving Map »* qui décrit le relief, les cours d'eau, les vallées, et qui montre les pistes. Ces atouts sont une aide précieuse pour le pilote lors d'atterrissages en IMC.

Pour nous résumer sur ce sujet, le risque existe bel et bien lors d'atterrissages sur pistes enneigées. Toutefois, en autant que les limitations soient respectées, le risque est parfaitement gérable, et le PC-12 est bien équipé pour la gestion des vols en IMC.

### 7.3.6 Recommandations relativement au Grand Caravan

Dans notre rapport, nous n'avons pas recommandé le Caravan principalement pour deux raisons : l'absence de pressurisation et le rayon de planage en cas de perte de moteur en phase croisière. L'absence de pressurisation oblige le Caravan à voler à une altitude moyenne de 10 000 pi comme le stipule la réglementation du RAC relativement aux avions non pressurisés (RAC 605.31 et 605.32). Cette limitation est particulièrement importante pour 2 raisons : (i) la limitation ne permet pas de voler au-dessus des conditions météorologiques et en cas de transport d'un patient, on ne pourrait assurer son confort, et (ii) la distance de planage est fortement réduite et même au sud du 50$^{e}$ parallèle, il ne peut pas être toujours possible d'identifier une route aérienne qui assure à l'aéronef d'avoir en tout temps un aérodrome sécuritaire où il pourrait se poser en cas d'urgence. La carte 7.5 confirme cette observation.

En dépit de notre recommandation négative, *il est possible de considérer une*

*utilisation restreinte du Grand Caravan dans certaines zones du sud du Québec où l'on peut identifier des routes aériennes qui minimisent le risque découlant d'une perte éventuelle du moteur de l'aéronef dans sa phase croisière*. La carte 7.5 indique que *ces zones sont situées au sud du 50$^{e}$ parallèle, et qu'elles excluent les Îles-de-la-Madeleine, la Côte-Nord, ainsi qu'une bonne partie de la région d'Abitibi-Témiscamingue*. La décision de recourir à cet aéronef devra donc être prise dans des situations particulières et lorsque aucune autre alternative n'est disponible. Elle ne peut faire l'objet d'une quelconque généralisation lorsque l'on considère l'ensemble du territoire québécois.

## 7.4 AUTRES QUESTIONS

### 7.4.1 Dates d'homologation du PC-12

Un aéronef ne peut être homologué par un pays si aucun client n'a fait l'acquisition de l'appareil. Ceci explique bien pourquoi les dates d'homologation varient d'un pays à l'autre.

La certification SEIFR constitue bien évidemment un autre volet. Il est né d'un besoin commercial et un souci d'assurer la sécurité des vols commerciaux sur monomoteurs en IMC. Nous avons rappelé que les statistiques montrent un nombre élevé d'impacts sans perte de contrôle (CFIT) lors de vols VFR en IMC et autoriser les vols SEIFR était destiné à réduire de façon significative ce genre d'accidents. Ces changements ont entraîné de nouvelles dates de certification. Ainsi, le PC-12 a reçu son homologation aux États-Unis en 1994 et la certification SEIFR n'a été effective qu'en 1998.

### 7.4.2 King Air 200

Le King Air 200 (Figure 7.3) a effectué avec succès son premier vol le 21 octobre 1972 et a obtenu sa certification par le FAA en décembre 1973. Une version améliorée, le King Air B200, a vu le jour en mai 1980. Deux variantes de cette version sont le B200T et le B200CT et une édition spéciale, le B200SE, a


Figure7.3: Beech King Air 200

été mise sur le marché en octobre 1995. À la fin de l'année 2000, on comptait près de 1840 aéronefs de la famille King Air 200 livrés pour l'aviation civile depuis 1973.

Au niveau des caractéristiques spécifiques, le King Air 200 est équipé de 2 moteurs PT6A-41 (ou PT6A-42 pour le B-200) turbopropulsés de 850 SHP chacun. La vitesse maximale du King Air 200 est de 289 KTAS et son taux de montée initial est de 2450 pi/min. Le King Air 200 peut transporter jusqu'à 13 passagers en plus de 2 pilotes.

L'altitude maximale de croisière du King Air 200 est de 35 000 pi. Avec un seul moteur opérant, l'altitude de croisière est de 21 900 pi. Son taux de montée avec un seul moteur opérant est de 740 pi/min.

Le décollage avec des obstacles de 50 pi nécessite une piste de 2 579 pi. Dans ces mêmes conditions, la longueur de la piste requise pour l'atterrissage est de 1 700 pi.

Le King Air 200 est certifié FAR Part 25.

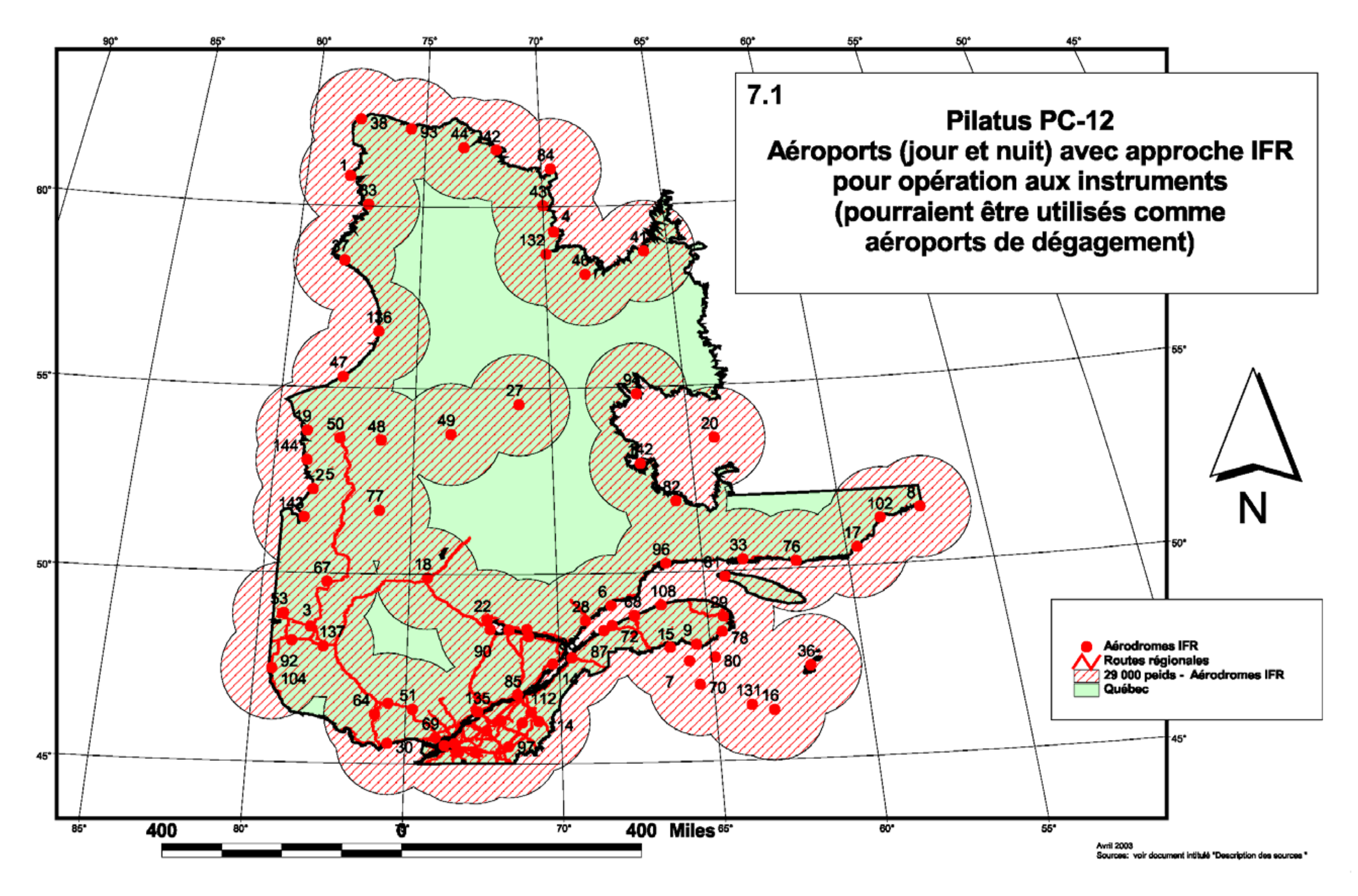
## 7.5 CONCLUSIONS

Dans ce chapitre, nous avons répondu au mieux à toutes les questions qui nous ont été soumises et fourni des éclaircissements additionnels sur les différents sujets lorsque nécessaire. Nous espérons que ces réponses sont satisfaisantes et qu'elles permettront au Gouvernement de prendre une décision éclairée.

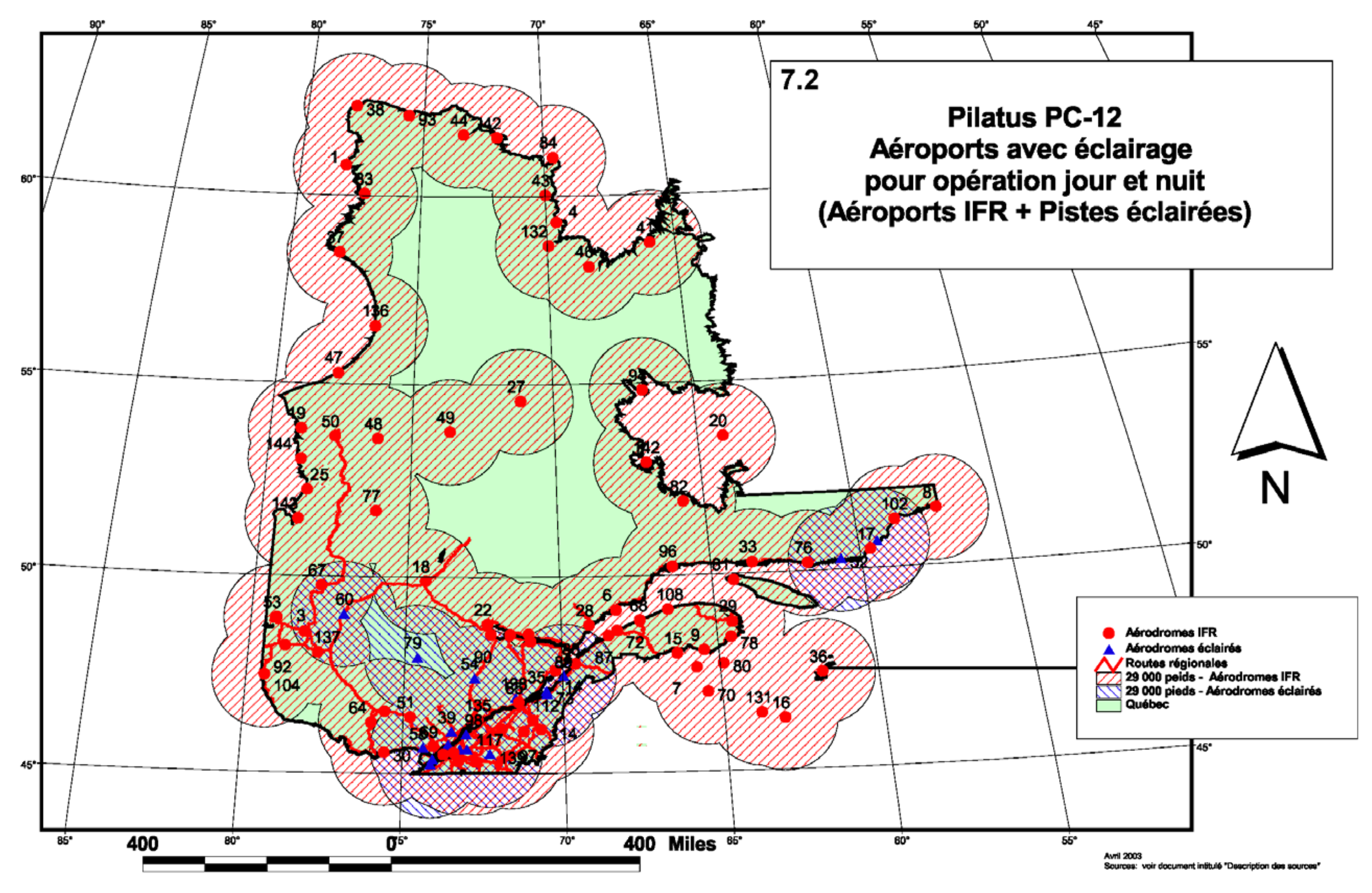
Malgré l'émotivité qui entoure le sujet, nous nous sommes efforcés de rester neutres et d'être aussi objectifs que possible. Les conclusions qui sont issues de ce rapport auraient pu être tirées par toute personne qui lit ce rapport.

Nous avons fortement apprécié l'accueil fait au rapport par le Conseil du Trésor et le Ministère des Transports et le fait que ce rapport ait été lu et commenté. Cela nous conforte de savoir que ce travail a été apprécié.

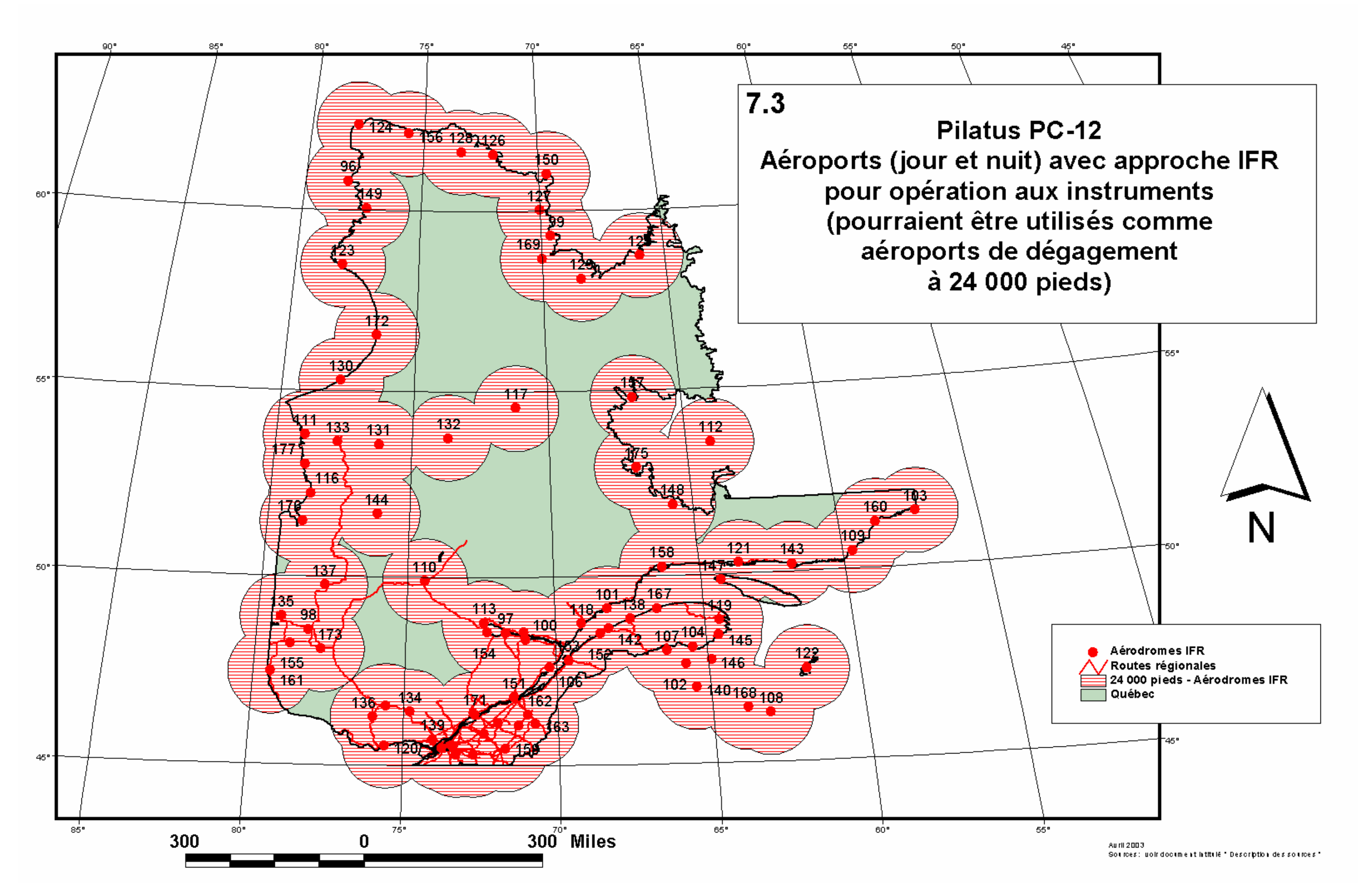
Pour terminer, nous voudrions remercier sincèrement tous les participants à la rencontre du 2 avril 2003. Nous avons bien apprécié les échanges et espérons qu'ils ont été fructueux pour tout le monde.

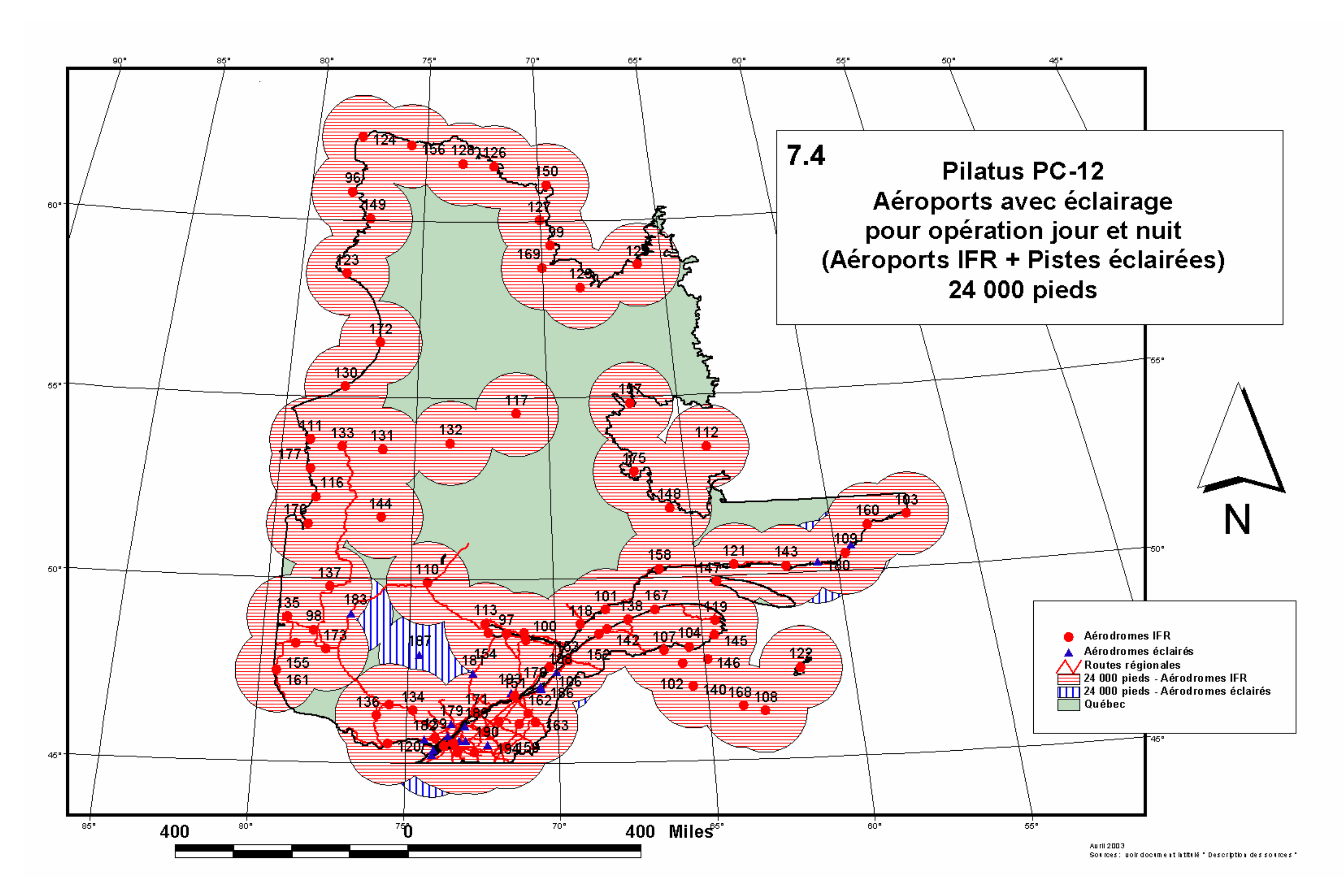


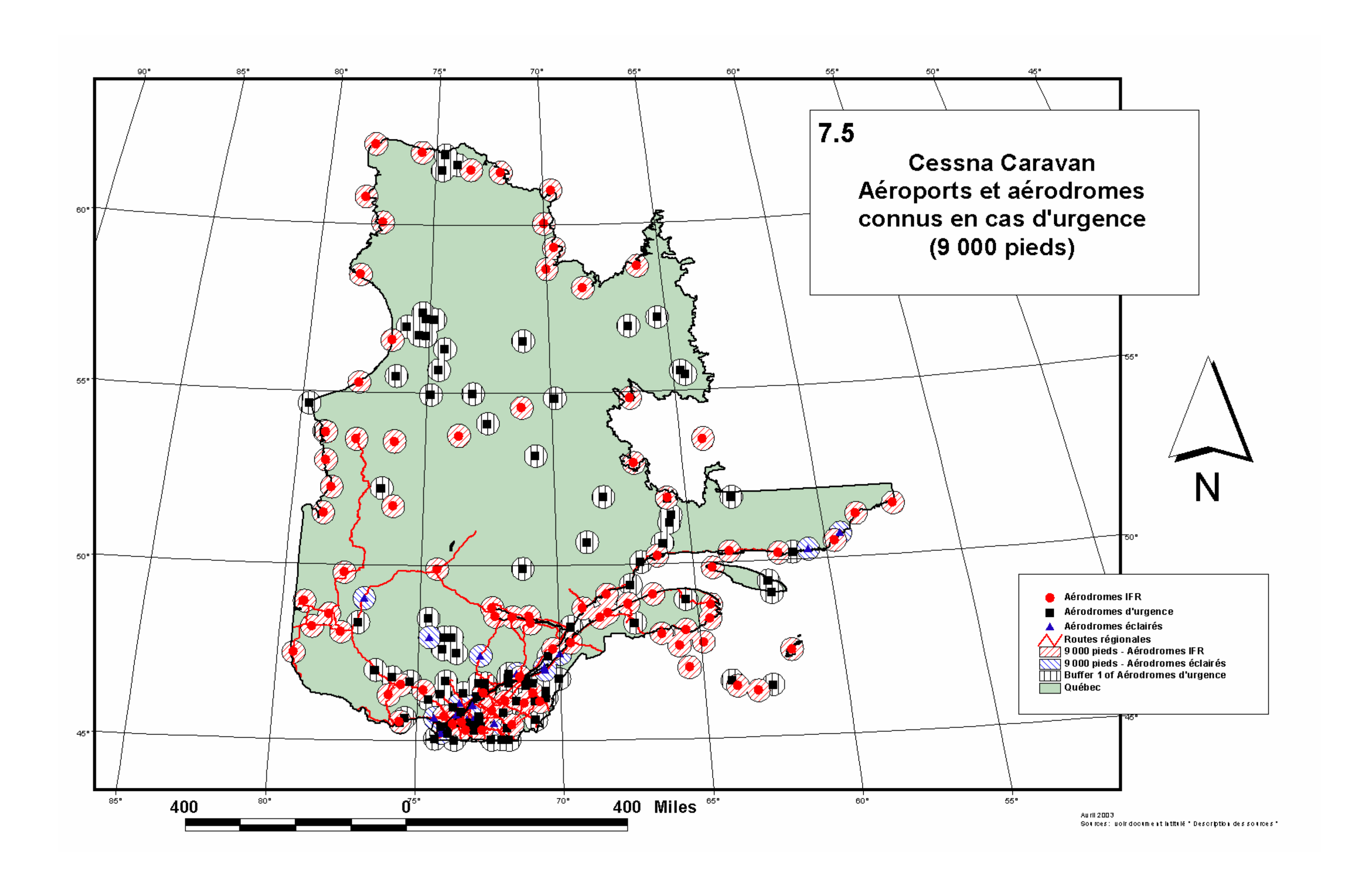
7.1
Pilatus PC-12
Aéroports (jour et nuit) avec approche IFR
pour opération aux instruments
(pourraient être utilisés comme
aéroports de dégagement)
Aérodromes IFR
Routes régionales
29 000 peids - Aérodromes IFR
Québec
N
400
0
400 Miles
Avril 2003
Sources: voir document intitulé "Description des sources"



7.2
Pilatus PC-12
Aéroports avec éclairage
pour opération jour et nuit
(Aéroports IFR + Pistes éclairées)
N
Aérodromes IFR
Aérodromes éclairés
Routes régionales
29 000 peids - Aérodromes IFR
29 000 pieds - Aérodromes éclairés
Québec
400
0
400 Miles
Avril 2003
Sources: voir document intitulé "Description des sources"


7.3
Pilatus PC-12
Aéroports (jour et nuit) avec approche IFR
pour opération aux instruments
(pourraient être utilisés comme
aéroports de dégagement
à 24 000 pieds)
Aérodromes IFR
Routes régionales
24 000 pieds - Aérodromes IFR
Québec
N
300 0 300 Miles
Avril 2003
Sources : voir document intitulé " Description des sources "


7.4
Pilatus PC-12
Aéroports avec éclairage
pour opération jour et nuit
(Aéroports IFR + Pistes éclairées)
24 000 pieds
Aérodromes IFR
Aérodromes éclairés
Routes régionales
24 000 pieds - Aérodromes IFR
24 000 pieds - Aérodromes éclairés
Québec
N
400
0
400 Miles
Avril 2003


7.5
Cessna Caravan
Aéroports et aérodromes
connus en cas d'urgence
(9 000 pieds)
N
Aérodromes IFR
Aérodromes d'urgence
Aérodromes éclairés
Routes régionales
9 000 pieds - Aérodromes IFR
9 000 pieds - Aérodromes éclairés
Buffer 1 of Aérodromes d'urgence
Québec
400
0
400 Miles
90°
85°
80°
75°
70°
65°
60°
55°
50°
45°
Avril 2003
Sources : voir document intitulé " Description des sources "

## BIBLIOGRAPHIE


[7.1] O. SUTTON, 1999. *Two Engine Are Better Than One, Right?* INTERAVIA, BUSINESS & TECHNOLOGY, no.634

[7.2] NTSB (1995). Safety Study. *Aviation Safety in Alaska*. NTSB/SS/-95/03.

[7.3] Gerald Frawley (2001) : *The International Directory of Civil Aircraft 2001/2002*. Aerospace Publications Pty Ltd. Canberra, Australia.

[7.4] Breiling, R. and Associates (2002). *Business Turbine Aircraft Accident Analysis.*

[7.5] NTSB (1979). *Light-Twin-Engine Aircraft Accidents following Engine failure, 1972-1976. NTSB-AAS-79-2*

[7.6] CANADA AIR PILOT (2003). Procédure aux instruments – Québec. Transport Canada A.I.P. Canada (Map), en vigueur 0901Z, 20 mars 2003 jusqu'au 0901Z., 15 mai 2003.

[7.7] CANADA SUPPLÉMENT DE VOL, Canada et Atlantique Nord. Données pour phases terminales et en route, Transport Canada A.I.P. Canada (AGA). Ministère de la Défense nationale, en vigueur 0901Z, 20 mars 2003 jusqu'au 0901Z., 15 mai 2003

[7.8] Procédures d'approches aux instruments approuvées de compagnies-Région de Québec, NavCanada, 01-04-03

# ANNEXE 1A
# MANDAT

## 1. RESSOURCES DU SAG

En 2002-2003, le SAG réalise ses activités avec un effectif d'environ 200 employés permanents ou occasionnels ainsi qu'une flotte de 20 aéronefs, soit 3 avions d'affaires (2 Challenger et 1 DASH-8), 14 avions-citernes et 3 hélicoptères. Son chiffre d'affaires annuel est de l'ordre de 60 M$.

## 2. SERVICE DE NOLISEMENT D'AÉRONEFS

Pour assurer certains des déplacements pour affaires des membres du gouvernement et de la fonction publique voyageant en petits groupes, le SAG met à la disposition des ministères et organismes un service de nolisement d'aéronefs. À cette fin, il procède, une fois par année, à un appel d'offres public en vue de constituer une liste de transporteurs privés (et de leurs tarifs) auxquels il fait appel pour répondre aux besoins qui lui sont signifiés par les ministères et organismes. La plus grande partie des déplacements organisés pour les membres de l'Exécutif ou pour des équipes de fonctionnaires se fait par l'entremise de ces transporteurs privés bien qu'il arrive également que le Dash-8 et l'un des Challenger du SAG soient utilisés à ces fins.

Par son service de nolisement, le SAG octroie annuellement des contrats, pour une valeur avoisinant les 4,0 M$, à des transporteurs qui se sont qualifiés pour de tels déplacements à la suite de l'appel d'offres public.

## 3. PROBLÉMATIQUE

Jusqu'à maintenant, le SAG, pour des motifs de sécurité exposés ci-après, a refusé d'ouvrir son appel d'offres de nolisement aux monomoteurs turbopropulsés. Ceci a amené des revendications de la part d'un transporteur qui opère de tels appareils (PC-12 en l'occurrence) et qui se voit *de facto* écarté de ce marché.

De plus, le SAG est parfois appelé à fournir des services conseil à d'autres organismes publics qui doivent faire appel à des transporteurs privés pour répondre aux besoins de leurs clientèles. En utilisant des critères similaires à ceux du SAG pour leurs propres appels d'offres, ceux-ci créent un effet d'entraînement indirect quant aux parts de marché dont pourraient bénéficier les opérateurs d'appareils monomoteurs turbopropulsés.

Par ailleurs, il est possible que le gouvernement décide dans un avenir prochain de confier à des transporteurs privés le mandat d'opérer en partie le service multipatient actuellement dispensé directement par le SAG avec le Dash-8. Il s'agit d'un service mis en place en juillet 2000 pour le transport de malades dans un état stable ne nécessitant pas de soins médicaux intensifs en vol.

L'avion attitré à ce service quitte Québec selon un horaire planifié et revient à Québec le même jour après avoir transporté des malades en provenance des régions éloignées vers les hôpitaux de Montréal et de Québec. Il est également utilisé pour retourner dans leur région d'origine ces mêmes patients. Si ce service est imparti, le SAG devra procéder à un appel d'offres public pour retenir les services d'un transporteur, la question du choix du type d'appareil étant encore une fois posée.

Le SAG ne prétend d'aucune façon que le Pilatus n'est pas un appareil

sécuritaire mais son choix concernant les appareils bimoteurs s'appuie sur des considérations que la problématique qui vient d'être évoquée interpelle, à savoir :

- un second moteur confère-t-il indéniablement un avantage structurel à un appareil, quel qu'il soit, ou existe-t-il des situations qui avantagent l'un ou l'autre appareil ?
- compte tenu que les opérations du SAG se déroulent très souvent en régions éloignées (Côte-Nord, Abitibi-Témiscamingue, Nord du Québec, Îles de la Madeleine) où les conditions climatiques sont très variables et les aéroports de dégagement sont en général distancés les uns des autres, ce qui peut empêcher un monomoteur en difficulté de se poser en urgence sur un aéroport de repli, y a-t-il des raisons qui pourraient justifier de ne pas utiliser un monomoteur dans ces régions, notamment le Pilatus malgré son haut niveau d'autonomie relative ?
- le Pilatus n'étant pas sur le marché depuis très longtemps, la séquence statistique sur la base de laquelle peut être évaluée sa performance en regard de la sécurité est-elle valable ?
- en situation de nolisement, le SAG ne peut exercer le même contrôle sur les opérations que lorsqu'il opère ses propres aéronefs, qu'il s'agisse de maintenance ou de conditions de vol. Dans ces circonstances, le risque associé aux situations de nolisement est-il variable selon les différents types d'aéronefs monomoteurs ?

## 4 OBJECTIF DE L'ÉTUDE

Dans le but d'éclairer la prise de décision des autorités gouvernementales quant à l'utilisation éventuelle d'appareils de type monomoteur de nouvelle génération, le MTQ et le SSSG ont décidé de recourir à l'avis d'experts en aéronautique qui devront, après avoir réalisé les recherches et consultations requises, lui formuler

des recommandations à cet égard. L'étude devra entre autres répondre aux questions suivantes :

- comment se comparent les niveaux de risque de l'utilisation sur le territoire du Québec d'appareils de type bimoteurs à pistons ou turbopropulsés à hélices et d'appareils de type monomoteur turbopropulsé de nouvelle génération ?
- le SAG peut-il, en toute sécurité, recourir aux monomoteurs turbopropulsés de nouvelle génération pour ses opérations de transport de personnes, et ce en mode « location de services » :
  - en vol à vue ?
  - en vol aux instruments ?
- dans l'affirmative, y aurait-t-il des conditions particulières à considérer pour minimiser les risques et, si oui, quelles sont-elles ?

## 5 DEVIS

Pour les fins de cette étude, les aéronefs à comparer avec le Pilatus PC-12 sont :

- bimoteur à pistons : Piper Navajo;
- bimoteur turbopropulsé à hélices : Beech King Air-100;
- monomoteurs turbopropulsés à hélices : Cessna Caravan-208, TBM 700.

### 5.1 - VOLET DESCRIPTIF – Homologation, certification et caractéristiques des aéronefs

- Expliquer le processus d'homologation des aéronefs et de certification canadienne et comparer avec les USA et les pays étrangers ; le cas échéant, faire ressortir et expliquer les différences ou particularités ainsi que

l'évolution de la certification. Distinguer entre monoturbine, bimoteurs à pistons et bimoteurs à turbine en utilisant les aéronefs identifiés.

- Pour le Pilatus PC-12, décrire la production mondiale, identifier les pays importateurs, les utilisateurs au Canada et ailleurs, indiquer l'utilisation qui en est faite, le nombre d'heures de vol depuis la certification et les normes de certification applicables.
- Faire état de la réglementation concernant le vol IFR et VFR de nuit avec passagers, faire la distinction entre avions d'affaires et avions commerciaux. Inclure les normes concernant l'opération et l'exploitation. Comparer les aéronefs identifiés.
- Décrire brièvement les appareils à comparer, incluant le Pilatus PC-12, quant à leurs caractéristiques respectives de conception et de performances (vitesses caractéristiques et critiques de décrochage, au décollage, vitesse minimale de contrôle, taux de montée, plafond pratique sur un moteur, sur deux moteurs, charge utile, longueur de piste, autonomie, instrumentation, avantages utilitaires, etc.) et quant au nombre d'heures de vol accumulées.
- Décrire ces appareils relativement à leur opération, leur exploitation ainsi qu'à leur certification et les limites que celle-ci peut comporter.
- Identifier tous les pays qui ont certifié le Pilatus PC-12 pour le vol aux instruments et identifier, le cas échéant, les restrictions pouvant s'appliquer à ces certifications.
- Identifier les principaux pays qui ont décidé pour le moment de ne pas certifier le Pilatus PC-12, identifier les motifs en cause et expliquer, si ces motifs sont liés à des différences de normes, en quoi celles-ci divergent des normes canadiennes.
- Documenter le cas de la Communauté économique européenne.

5.2- VOLET ANALYTIQUE - Sécurité et gestion des risques

- Évaluer ces appareils en utilisant les données du fabricant, du Bureau de la sécurité des transports (BST) et autres données pertinentes. Inclure une

revue comparative et explicative des rapports d'incidents/accidents pertinents survenus au Canada, aux États-Unis et ailleurs dans le monde.

- Expliquer et évaluer le comportement de ces appareils et le risque associé aux différentes configurations de vol, incluant la phase de décollage en régime de vol VFR (visual flight rules), IFR (instrumental flight rules), IMC (instrument meteorological conditions).
- Supporter, au besoin, la compréhension de la réglementation et de la terminologie (ex : VFR, IFR, IMC, aéroport de dégagement, etc.).
- Comparer le niveau de sécurité de ces appareils, en termes de gestion des risques, au décollage, à l'atterrissage et en route, en conditions de vol VFR et IFR, en conditions estivales et hivernales, en régions urbaines et éloignées (nord du 50$^{e}$ parallèle) où les aéroports de dégagement sont très éloignés les uns des autres et qui bien souvent ne possèdent pas les repères radio (NAVAID) nécessaires à l'atterrissage en vol IFR.

5.3 – VOLET CONSULTATION

- Consulter le MTQ et le SAG pour bien comprendre leur position respective.
- Consulter certains opérateurs qui utilisent actuellement des monomoteurs turbopropulsés, tels Pascan Aviation, la Gendarmerie royale du Canada et Hydro-Ontario, et certains autres opérateurs qui ont fait le choix de ne pas utiliser ce type d'appareil, tels Sky Services et Hydro-Québec.
- Consulter le motoriste du Pilatus PC-12, en l'occurrence Pratt & Whitney.
- Effectuer les autres consultations pertinentes de manière à fournir l'éclairage nécessaire à la compréhension de la gestion des risques assumés par les opérateurs de ce type d'appareil.

5.4 - VOLET RECOMMANDATIONS

- Formuler les recommandations pertinentes au Ministère des transports et au sous-secrétariat aux services gouvernementaux quant à l'utilisation

d’appareils de type monomoteur turbopropulsé de nouvelle génération, avec ou sans restriction, et le cas échéant, en distinguant le vol à vue, le vol aux instruments et le vol en régions urbaines ou en régions éloignées.

- Considérant que le SAG aurait recours aux monomoteurs turbopropulsés en mode nolisement, formuler si requis des recommandations quant à des exigences éventuelles à prendre en compte en regard de l'entretien de ce type d’appareils ou de leur opération.

# ANNEXE 4A
# RAPPORT DES COTES

Considérons le tableau de contingences suivant où deux groupes sont comparés relativement à la caractéristique M.

| | Individus avec la caractéristique M | Individus sans la caractéristique M | Cotes (odds) |
|---|---|---|---|
| Groupe 1 | a | b | a/b |
| Groupe 2 | c | d | c/d |
| | | ***Rapport de cotes (RC) =*** | ***(a.d)/(b.c)*** |

**Synonymes** : Rapport des cotes *(odds ratio)*, rapport des produits croisés.

***Définition***: rapport des cotes de deux groupes que l'on veut comparer. En général, on mesure la cote de l'exposition parmi les cas (individus avec M) à celui parmi les témoins (individus sans M). M peut être mesuré en terme de cas prévalents ou incidents, la manière de calculer le rapport des cotes demeurant la même mais l'interprétation des résultats pouvant être différente.

Les chercheurs déterminent le nombre de cas et de témoins qui seront sélectionnés. On calcule ensuite le rapport des cotes (RC) :

$$\mathbf{RC = (a/b) / (c/d) = ad/bc}$$

***Unité:*** aucune car on divise deux cotes.
***Étendue***: de 0 à + infini
***Interprétation***: les cotes de l'exposition parmi les cas sont RC fois ceux des témoins.

# ANNEXE 4B
# DONNÉES CANADIENNES

## A Données des accidents

**Sources** : Millen Anthony

Data Analyst, Air Macro-Analysis Division, BST, Canada

Mike, Muirhead

Senior Statistical Analyst, ai, Air-Micro-Analysis Decision, BST, Canada

**Canadian Registered Aeroplanes Involved in Accidents by Selected Types**
**As of Feb. 19, 2003**

| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Other** | 297 | 272 | 248 | 230 | 198 | **1245** |
| **BEECH 100** | 4 | 3 | 1 | 2 | 2 | **12** |
| **BEECH 200** | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | **2** |
| **CESSNA 208** | 3 | 3 | 1 | 2 | 0 | **9** |
| **PC-12** | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | **3** |
| **PIPER PA-31** | 10 | 6 | 8 | 9 | 8 | **41** |
| **TBM-SOCATA** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| **Total** | **316** | **286** | **258** | **243** | **209** | **1312** |

***Canadian Registered Aeroplanes Involved in Fatal Accidents by Selected Types***
***As of Feb. 19, 2003***

| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Other** | 24 | 28 | 25 | 23 | 19 | **119** |
| **BEECH 100** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| **BEECH 200** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| **CESSNA 208** | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | **1** |
| **PC-12** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| **PIPER PA-31** | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | **3** |
| **TBM-SOCATA** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| **Total** | **24** | **28** | **26** | **25** | **20** | **123** |

***Canadian Registered Aeroplanes Involved in Accidents With a Power Loss Event by Selected Types***
***As of Feb. 19, 2003***

| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Other** | 55 | 46 | 44 | 40 | 30 | **215** |
| **BEECH 100** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| **BEECH 200** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| **CESSNA 208** | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | **1** |
| **PC-12** | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | **1** |
| **PIPER PA-31** | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | **8** |
| **TBM-SOCATA** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| **Total** | **58** | **49** | **45** | **42** | **31** | **225** |

***Canadian Registered Aeroplanes Involved in Fatal Accidents With a Power Loss Event by Selected Types***
***As of Feb. 19, 2003***

| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Other** | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 | **11** |
| **BEECH 100** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| **BEECH 200** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| **CESSNA 208** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| **PC-12** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| **PIPER PA-31** | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | **2** |
| **TBM-SOCATA** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **0** |
| **Total** | **1** | **3** | **3** | **3** | **3** | **13** |

## B Heures cumulées de vol

**Source :** Bill, Taylor
Acting Chief
Continuing Aircraft Certification Branch
Transports Canada

**Nombre d'heures de vol des aéronefs ciblés enregistrés au Canada (1998-2001)**

| Aéronef | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| BEECH 100 | 13 357 | 14 549 | 13 994 | 15 184 | 57 084 |
| BEECH 200 | 25 709 | 24 957 | 28 484 | 26 601 | 105 751 |
| CESSNA 208&208B | 43 863 | 50 005 | 51 704 | 53 523 | 199 095 |
| PILATUS PC-12 | 14 002 | 20 246 | 37 673 | 50 713 | 122 634 |
| PIPER PA31 | 111 302 | 109 352 | 101 442 | 90 950 | 413 046 |
| SOCATA TBM 700 | 354 | 179 | 0 | 339 | 872 |

N.B. Ces données sont extraites d'une base de données Access qui regroupe le nombre d'heures de chaque aéronef certifié au Canada depuis 1994. Nous avons retenu seulement les années 1998 à 2001 pour la seule raison que cette période est commune aux données des accidents (BST) et de celles de l'exposition au risque (Transports Canada).

# ANNEXE 4C

# SOURCES DES DONNÉES CARTOGRAPHIQUES

## 1. Cartes :

Les cartes présentées dans cette annexe et numérotées de 1 à 7 ont été réalisées avec la collaboration du groupe ''Les Conseillers KHEOPS Technologies Inc'' de Montréal à partir des données les plus récentes sur les aérodromes au Canada [4.16] :

Carte No 1 : Aérodromes disponibles

Carte No 2 : Dégagements à 24 000 pieds, Aérodromes répertoriés (PILATUS PC-12)

Carte No 3 : Dégagements à 24 000 pieds, Aérodromes répertoriés et autres (PILATUS PC-12)

Carte No 4 : Dégagements à 24 000 pieds, Aérodromes répertoriés et autres avec campements (PILATUS PC-12)

Carte No 5 : Dégagements à 29 000 pieds, Aérodromes répertoriés (PILATUS PC-12)

Carte No 6 : Dégagements à 29 000 pieds, Aérodromes répertoriés et autres (PILATUS PC-12)

Carte No 7 : Dégagements à 29 000 pieds, Aérodromes répertoriés et autres avec campements (PILATUS PC-12)

Le nom et la localisation de chacun de ces aéroports répertoriés et non répertoriés sont donnés dans l'annexe 4D.

## 2. Définitions et sources de données cartographiques

AÉRODROMES[1] RÉPERTORIÉS

Définition : Aérodromes répertoriés dans le Canada Supplément de vol sous la rubrique « aérodromes et installations ». Il s'agit d'aérodromes en opération.

Source : Canada Supplément de vol, 23 janvier 2003, section B, aérodromes et installations.

AUTRES AÉRODROMES

Définition : Aérodromes répertoriés dans le Canada Supplément de vol sous la rubrique « aérodromes abandonnés » et aérodromes privés non répertoriés.

Source : Aérodromes abandonnés : Canada Supplément de vol, 23 janvier 2003, section générale, liste des aérodromes abandonnés.

Aérodromes privés non répertoriés : Informations transmises par les propriétaires des aérodromes et autres sources.

Remarque(s) : (1) Les aérodromes répertoriés dans le Canada Supplément de vol sous la rubrique « aérodromes abandonnés » sont des aérodromes utilisables.

---

**1** Définition d'un aérodrome tirée de AIP Canada, section AGA, p.2-1:
2.1 **Généralités**
La Loi sur l'aéronautique définit un aérodrome comme suit:
*Toute étendue de terre ou d'eau (y compris la portion d'un plan d'eau qui est gelée), ou une surface d'appui utilisée ou conçue, aménagée, équipée ou tenue en disponibilité pour servir, dans son intégralité ou en partie, aux arrivées, aux départs, aux mouvements ou à l'entretien courant des aéronefs et comprend tous les bâtiments, installations et équipements connexes.*

Cette définition s'applique de façon très générale au Canada, où il n'existe aucune restriction sur les atterrissages ou les décollages. Malgré les exceptions prévues, le territoire canadien peut en grande partie servir d'aérodrome.

(2) La liste des aérodromes privés est non exhaustive. Il existe d'autres aéroports privés au Québec qui pourront être ajoutés à cette liste lorsque les positions exactes auront été confirmées.

CAMPEMENTS

Définition : Pourvoiries commerciales situées au nord du 55$^{e}$ parallèle.

Remarque(s) : La liste des campements est non exhaustive. Il existe d'autres pourvoiries au nord du Québec qui pourront être ajoutées à cette liste lorsque les positions exactes auront été confirmées.

24 000 PIEDS – AÉRODROMES RÉPERTORIÉS

Définition : Scénarios de dégagements sur les aérodromes répertoriés à 24 000 pieds d'altitude.

Source : Zones tampons de 71,5 milles statutaires générées autour des aérodromes répertoriés.

Remarque : Selon les spécifications du Pilatus PC-12 sans égard au poids.

24 000 PIEDS – AUTRES AÉRODROMES

Définition : Scénarios de dégagements sur les autres aérodromes à 24 000 pieds d'altitude.

Source : Zones tampons de 71,5 milles statutaires générées autour des autres aérodromes.

Remarque : Selon les spécifications du Pilatus PC-12 sans égard au poids.

29 000 PIEDS – AÉRODROMES RÉPERTORIÉS

Définition : Scénarios de dégagements sur les aérodromes répertoriés à 29 000 pieds d'altitude.

Source : Zones tampons de 85 milles statutaires générées autour des aérodromes répertoriés.

Remarque : Selon les spécifications du Pilatus PC-12 sans égard au poids.

24 000 PIEDS – AUTRES AÉRODROMES

Définition : Scénarios de dégagement sur les autres aérodromes à 29 000 pieds d'altitude.

Source : Zones tampons de 85 milles statutaires générées autour des autres aérodromes.

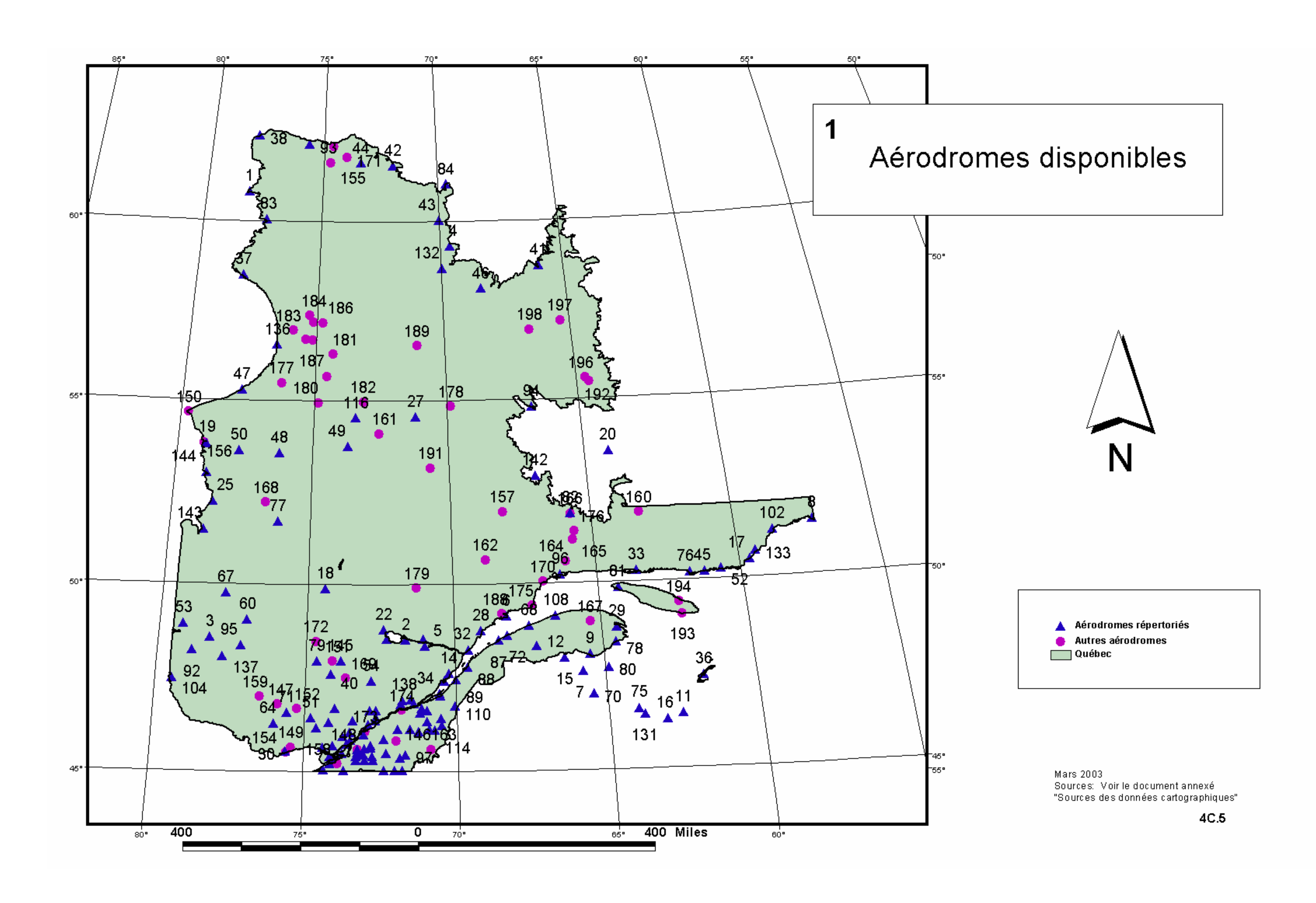
Remarque : Selon les spécifications du Pilatus PC-12 sans égard au poids.

ROUTES RÉGIONALES

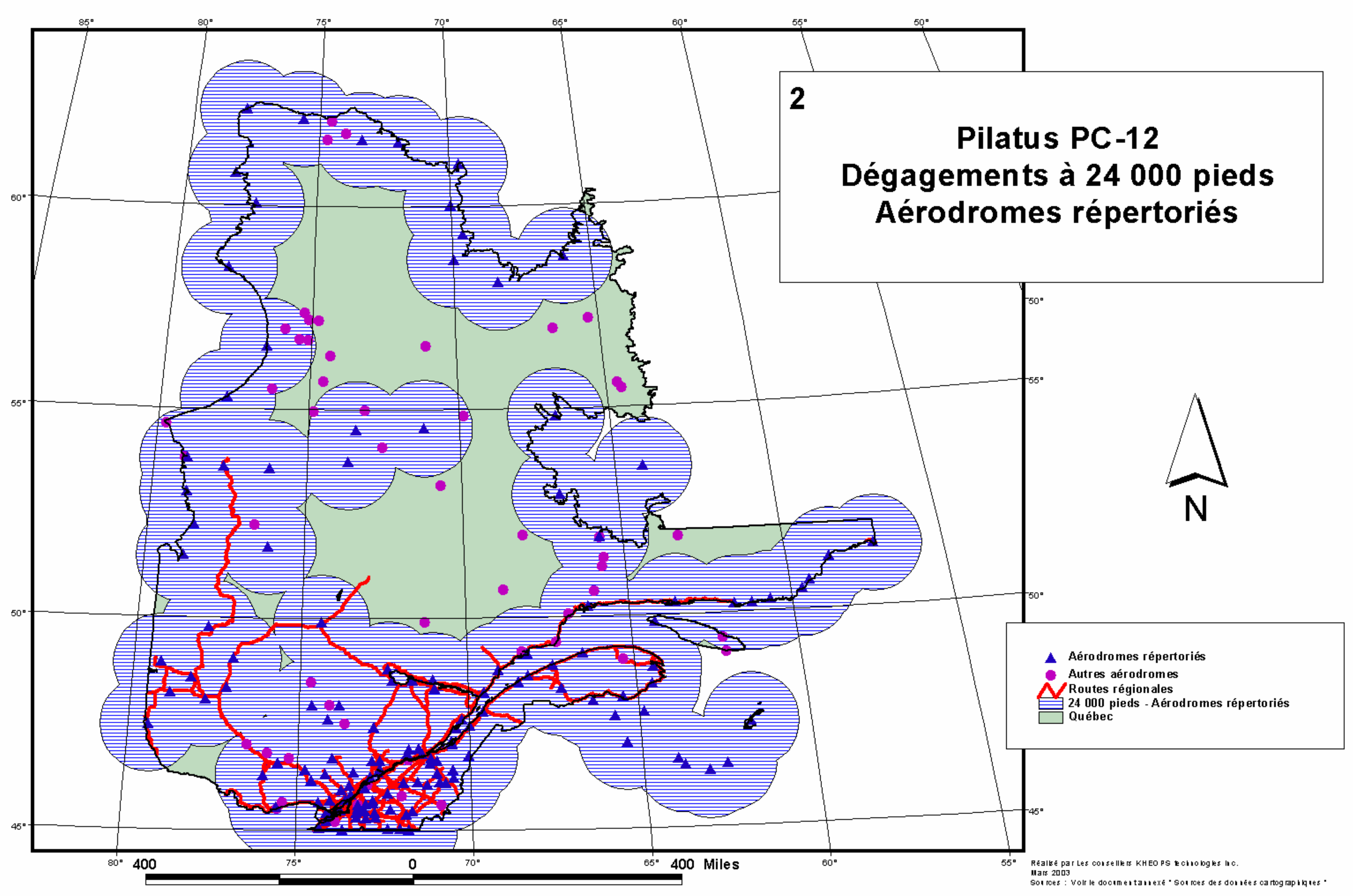
Définition : Principales routes régionales.

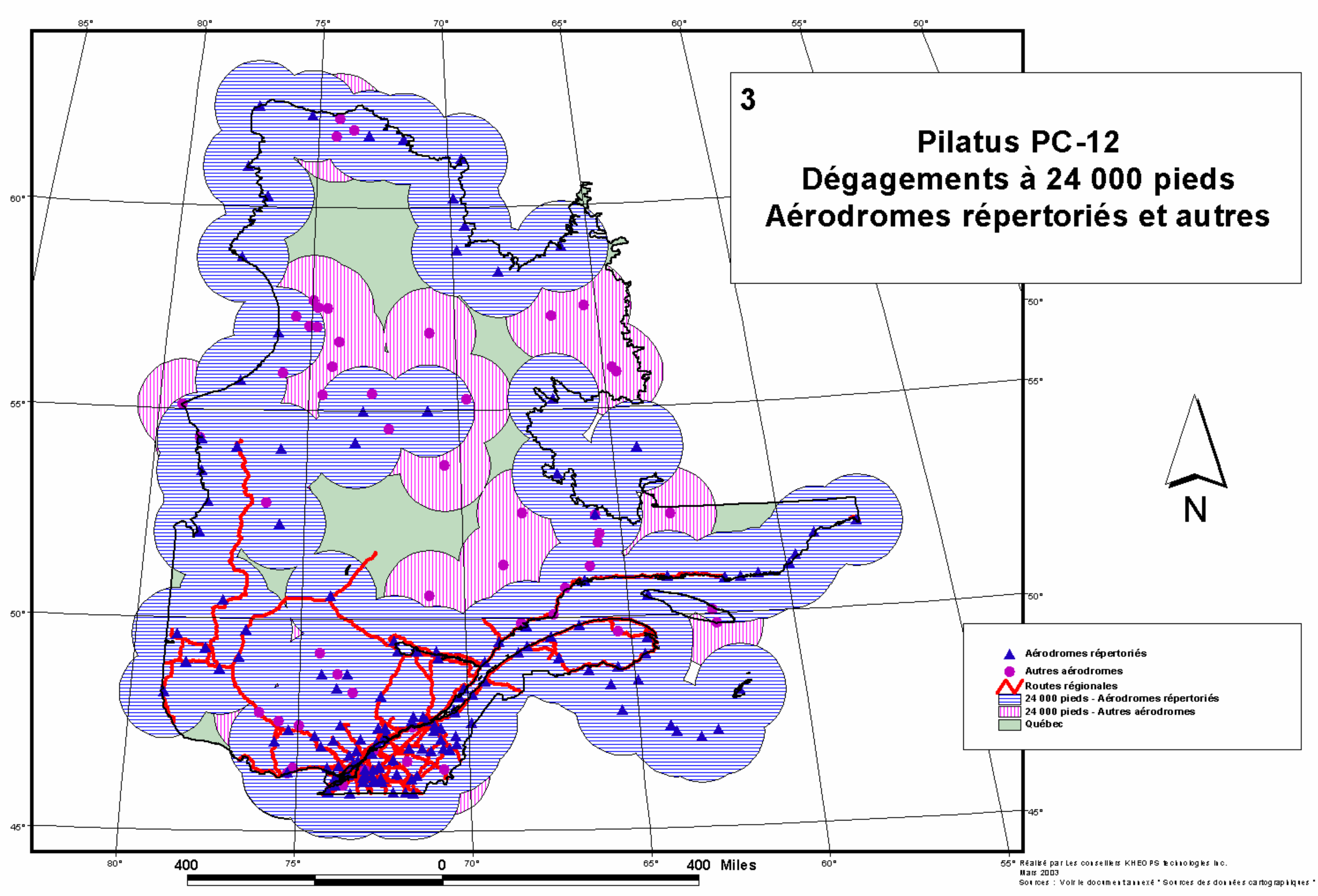
QUÉBEC

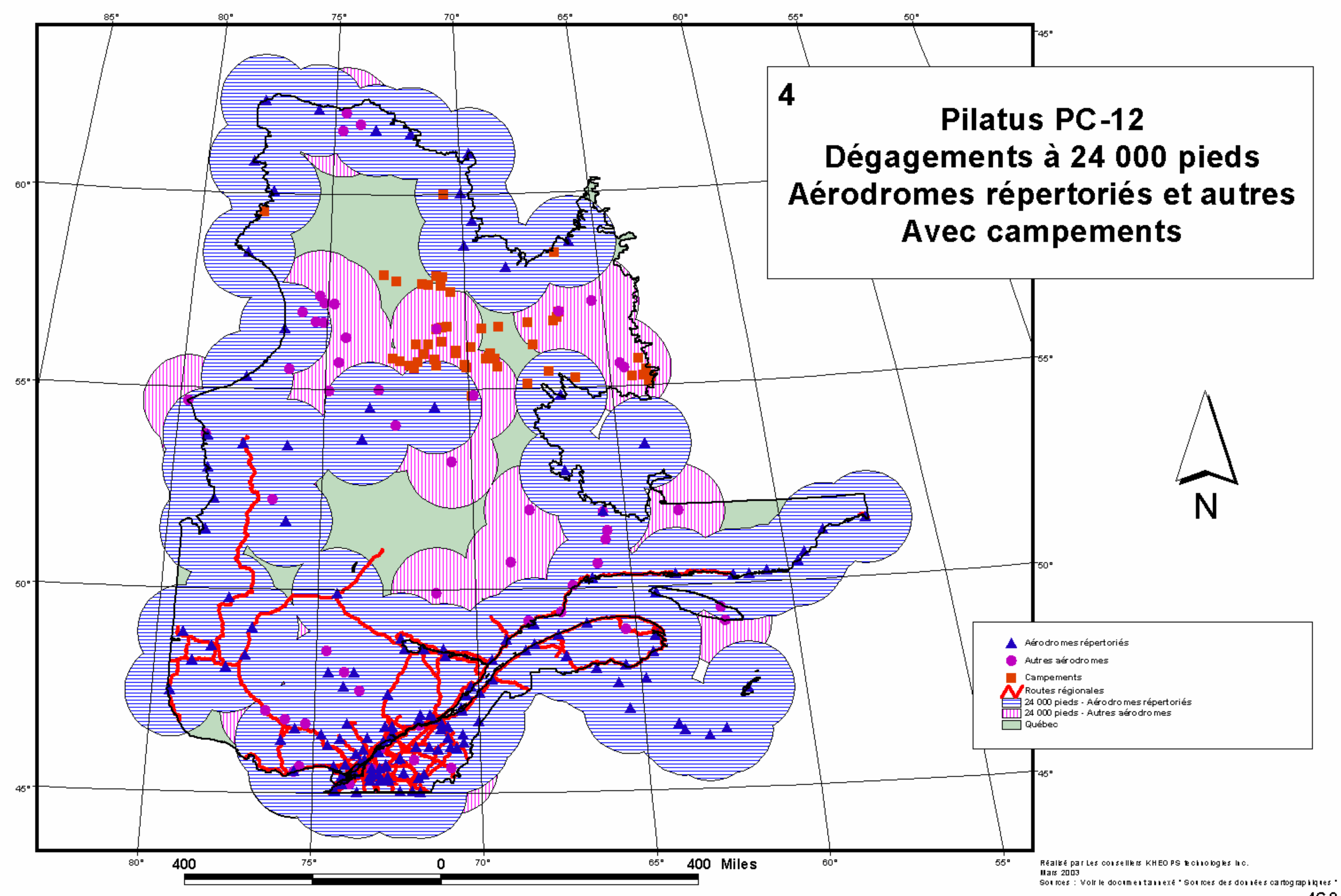
Définition : Territoire de la province de Québec



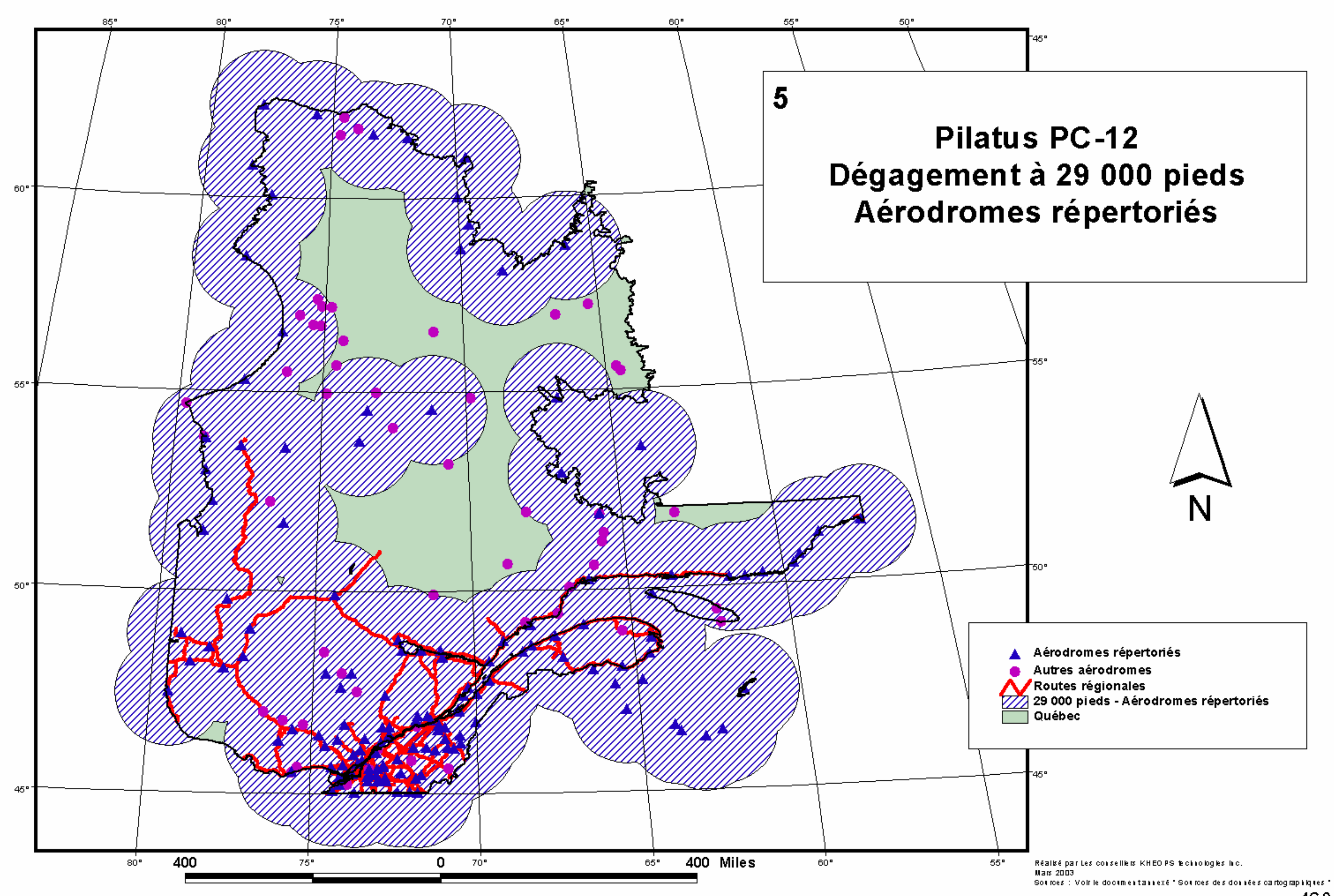
1
Aérodromes disponibles
Aérodromes répertoriés
Autres aérodromes
Québec
N
400
0
400 Miles
Mars 2003
Sources: Voir le document annexé
"Sources des données cartographiques"
4C.5

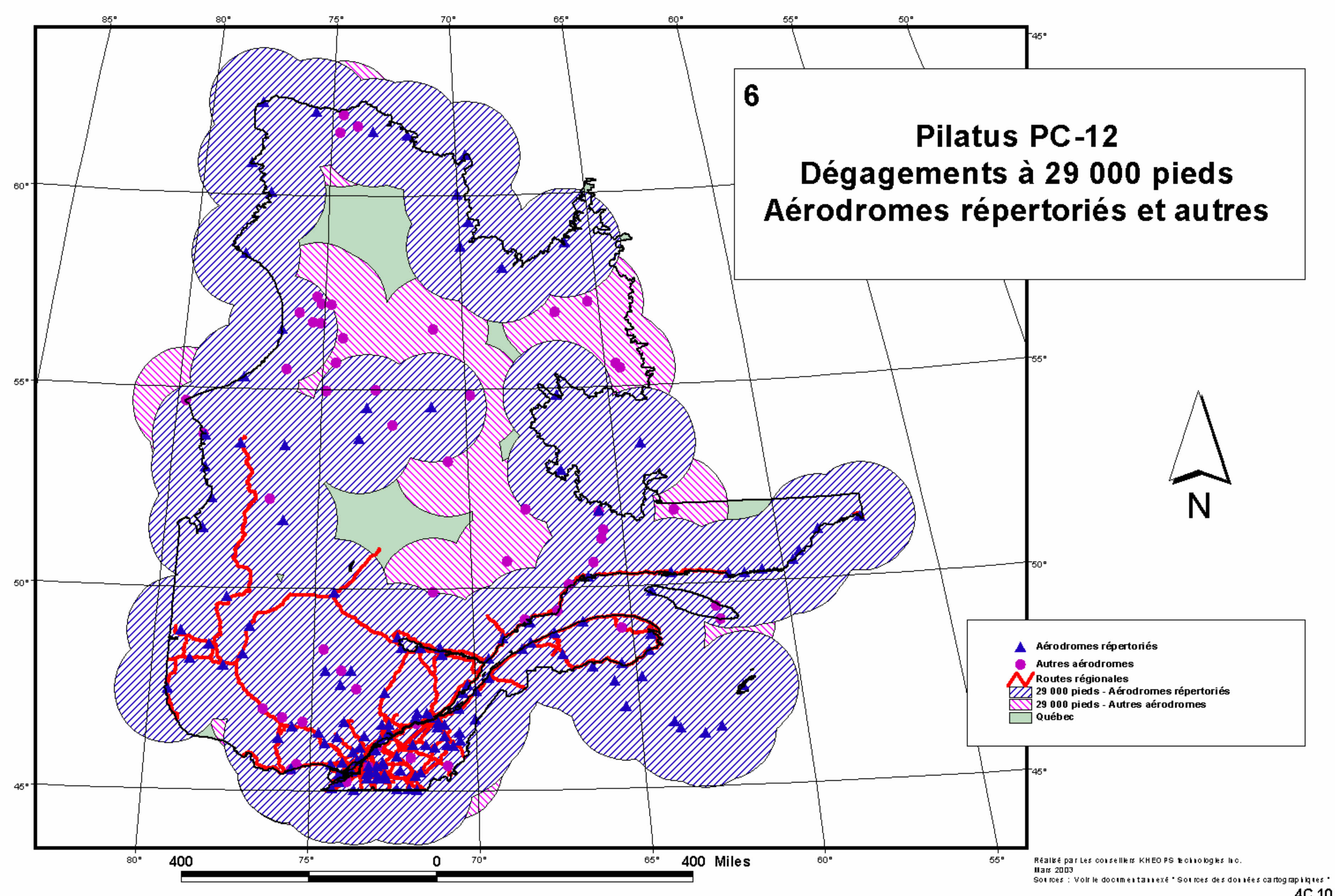

2
Pilatus PC-12
Dégagements à 24 000 pieds
Aérodromes répertoriés
Aérodromes répertoriés
Autres aérodromes
Routes régionales
24 000 pieds - Aérodromes répertoriés
Québec
N
400
0
400 Miles
85°
80°
75°
70°
65°
60°
55°
50°
45°
Réalisé par Les conseillers KHEOPS technologies Inc.
Mars 2003
Sources : Voir le document annexé " Sources des données cartographiques "


3
Pilatus PC-12
Dégagements à 24 000 pieds
Aérodromes répertoriés et autres
Aérodromes répertoriés
Autres aérodromes
Routes régionales
24 000 pieds - Aérodromes répertoriés
24 000 pieds - Autres aérodromes
Québec
N
400
0
400 Miles
85°
80°
75°
70°
65°
60°
55°
50°
45°
Réalisé par Les conseillers KHEOPS technologies inc.
Mars 2003
Sources : Voir le document annexé " Sources des données cartographiques "

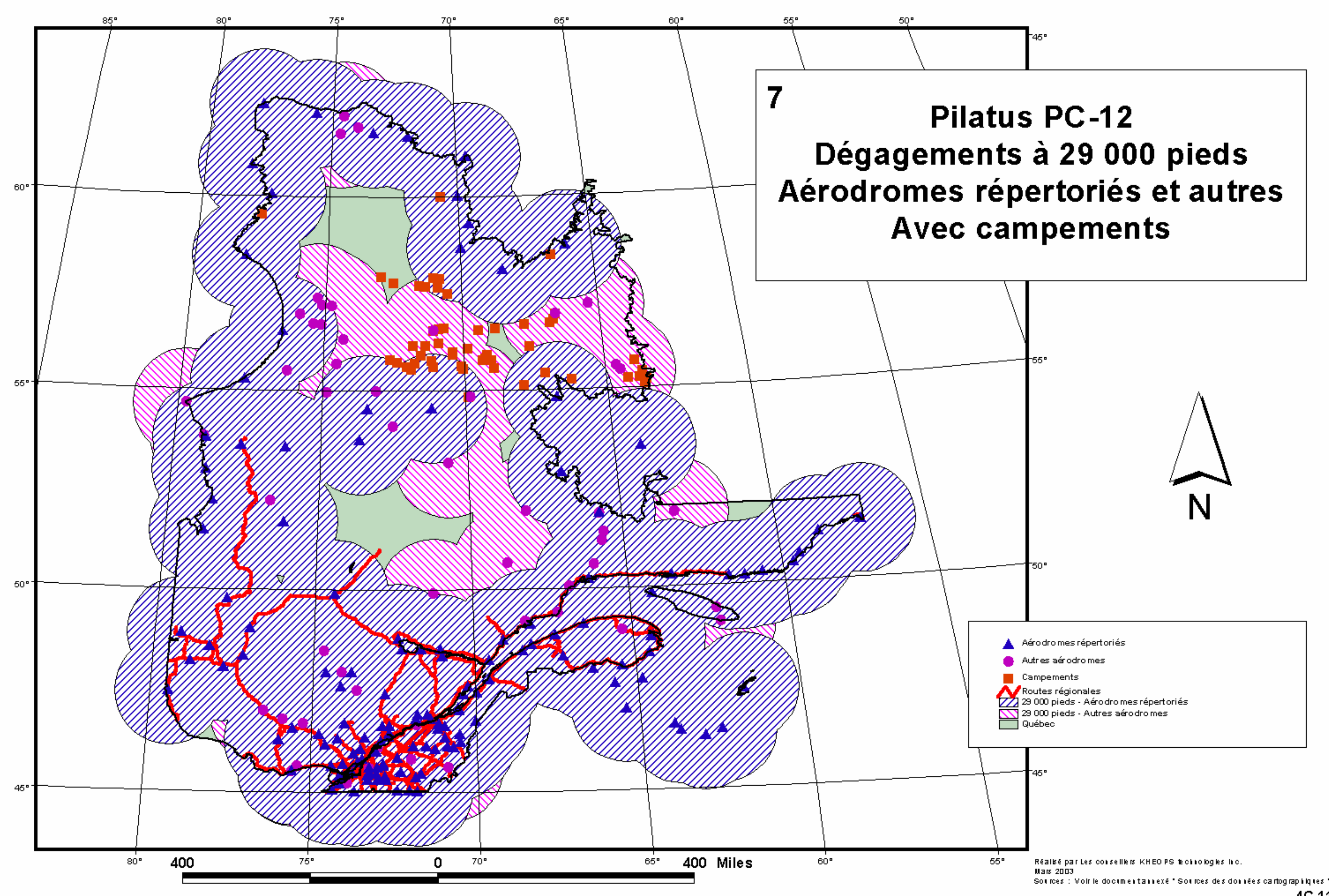



Réalisé par Les conseillers KHEOPS technologies inc.
Mars 2003
Sources : Voir le document annexé " Sources des données cartographiques "


5
Pilatus PC-12
Dégagement à 29 000 pieds
Aérodromes répertoriés
N
Aérodromes répertoriés
Autres aérodromes
Routes régionales
29 000 pieds - Aérodromes répertoriés
Québec
400
0
400 Miles
85°
80°
75°
70°
65°
60°
55°
50°
45°
Réalisé par Les conseillers KHEOPS technologies Inc.
Mars 2003
Sources : Voir le document annexé " Sources des données cartographiques "
4C.9



6
Pilatus PC-12
Dégagements à 29 000 pieds
Aérodromes répertoriés et autres
Aérodromes répertoriés
Autres aérodromes
Routes régionales
29 000 pieds - Aérodromes répertoriés
29 000 pieds - Autres aérodromes
Québec
N
85°
80°
75°
70°
65°
60°
55°
50°
45°
400
0
400 Miles
Réalisé par Les conseillers KHEOPS technologies inc.
Mars 2003
Sources : Voir le document annexé " Sources des données cartographiques "
4C.10


7
Pilatus PC-12
Dégagements à 29 000 pieds
Aérodromes répertoriés et autres
Avec campements
N
Aérodromes répertoriés
Autres aérodromes
Campements
Routes régionales
29 000 pieds - Aérodromes répertoriés
29 000 pieds - Autres aérodromes
Québec
400
0
400 Miles
Réalisé par Les conseillers KHEOPS technologies inc.
Mars 2003
Sources : Voir le document annexé " Sources des données cartographiques "

# ANNEXE 4D

# LISTE DES AÉRODROMES ET DES CAMPEMENTS

Vous trouverez ci-joint la liste des aérodromes et des campements indiqués dans les cartes numérotées de 1 à 7 de l'annexe 4C :

## 4D.1 : Liste des aérodromes répertoriés (1 à 145)

| No. | Nom | Latitude N | | | Longitude O | | | Longueur piste [pieds] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Dég | Min | Sec | Dég | Min | Sec | |
| 1 | Akulivik* | 60 | 49 | 07 | 78 | 08 | 55 | 3510 |
| 2 | Alma* | 48 | 30 | 32 | 71 | 38 | 31 | 4300 |
| 3 | Amos* | 48 | 33 | 50 | 78 | 14 | 59 | 5000 |
| 4 | Aupaluk* | 59 | 17 | 49 | 69 | 35 | 59 | 3521 |
| 5 | Bagotville* | 48 | 19 | 50 | 70 | 59 | 47 | 10000/6000 |
| 6 | Baie Comeau* | 49 | 07 | 56 | 68 | 12 | 26 | 6000 |
| 7 | Bathurst* | 47 | 37 | 47 | 65 | 44 | 20 | 4500 |
| 8 | Blanc Sablon* | 51 | 26 | 37 | 57 | 11 | 07 | 4500 |
| 9 | Bonaventure* | 48 | 04 | 18 | 65 | 27 | 39 | 6000 |
| 10 | Bromont* | 45 | 17 | 27 | 72 | 44 | 29 | 5000 |
| 11 | Cable Head | 46 | 26 | 36 | 62 | 35 | 34 | 2400/3600 |
| 12 | Causapscal | 48 | 18 | 41 | 67 | 15 | 05 | 3000 |
| 13 | Chambly | 45 | 24 | 04 | 73 | 17 | 43 | 1600 |
| 14 | Charlevoix* | 47 | 35 | 51 | 70 | 13 | 26 | 4500 |
| 15 | Charlo* | 47 | 59 | 26 | 66 | 19 | 53 | 6000 |
| 16 | Charlottetown* | 46 | 17 | 24 | 63 | 07 | 16 | 2500 |
| 17 | Chevery* | 50 | 28 | 08 | 59 | 38 | 16 | 4500 |
| 18 | Chibougamau* | 49 | 46 | 19 | 74 | 31 | 41 | 6496 |
| 19 | Chisasibi | 53 | 48 | 20 | 78 | 55 | 01 | 3792 |
| 20 | Churchill Falls* | 53 | 33 | 43 | 64 | 06 | 23 | 5500 |
| 21 | Covey Hill | 45 | 00 | 50 | 73 | 41 | 23 | 1590 |
| 22 | Dolbeau* | 48 | 46 | 42 | 72 | 22 | 30 | 4971 |
| 23 | Dorval* | 45 | 28 | 05 | 73 | 44 | 29 | 11000/9600/7000 |
| 24 | Drummondville* | 45 | 50 | 43 | 72 | 23 | 41 | 4000 |
| 25 | Eastmain River* | 52 | 13 | 33 | 78 | 31 | 21 | 3510 |
| 26 | Farnham | 45 | 17 | 08 | 73 | 00 | 28 | 2500 |
| 27 | Fontanges* | 54 | 33 | 13 | 71 | 10 | 24 | 4900 |
| 28 | Forestville* | 48 | 44 | 46 | 69 | 05 | 50 | 3932 |
| 29 | Gaspé* | 48 | 46 | 31 | 64 | 28 | 43 | 4500 |
| 30 | Gatineau* | 45 | 31 | 17 | 75 | 33 | 51 | 6000 |

* Au moins un radiophare

| No. | Nom | Latitude N | | | Longitude O | | | Longueur piste [pieds] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Dég | Min | Sec | Dég | Min | Sec | |
| 31 | Granby | 45 | 23 | 27 | 72 | 45 | 58 | H |
| 32 | Grandes Bergeronnes | 48 | 14 | | 69 | 33 | | 1500 |
| 33 | Havre St-Pierre* | 50 | 16 | 55 | 63 | 36 | 41 | 4500 |
| 34 | Île aux Coudres | 47 | 23 | 22 | 70 | 23 | 04 | 2500 |
| 35 | Îles aux Grues | 47 | 04 | 16 | 70 | 31 | 58 | 1670 |
| 36 | Îles de la Madeleine* | 47 | 25 | 29 | 61 | 46 | 41 | 4500/3600 |
| 37 | Inukjuak* | 58 | 28 | 18 | 78 | 04 | 38 | 3500 |
| 38 | Ivujivik* | 62 | 25 | 02 | 77 | 55 | 31 | 3500 |
| 39 | Joliette | 46 | 02 | 42 | 73 | 30 | 06 | 3250 |
| 40 | Kanawata | 47 | 35 | 41 | 74 | 08 | 01 | 3000 |
| 41 | Kangiqsualujjuaq* | 58 | 42 | 41 | 65 | 59 | 37 | 3521 |
| 42 | Kangiqsujuaq* | 61 | 35 | 19 | 71 | 55 | 46 | 3511 |
| 43 | Kangirsuk* | 60 | 01 | 38 | 69 | 59 | 57 | 3521 |
| 44 | Kattiniq* | 61 | 39 | 46 | 73 | 19 | 26 | 6529 |
| 45 | Kegaska | 50 | 11 | 45 | 61 | 15 | 57 | 1640 |
| 46 | Kuujjuaq* | 58 | 05 | 46 | 68 | 25 | 37 | 6000/5000 |
| 47 | Kuujjuarapik* | 55 | 16 | 53 | 77 | 45 | 29 | 5052 |
| 48 | La Grande 3* | 53 | 34 | 18 | 76 | 11 | 47 | 5000 |
| 49 | La Grande 4* | 53 | 45 | 17 | 73 | 40 | 31 | 5000 |
| 50 | La Grande Rivière* | 53 | 37 | 31 | 77 | 42 | 15 | 6500 |
| 51 | La Macaza | 46 | 24 | 45 | 74 | 46 | 46 | 3500 |
| 52 | La Romaine | 50 | 15 | 35 | 60 | 40 | 26 | 3933 |
| 53 | La Sarre* | 48 | 55 | 02 | 79 | 10 | 43 | 4700 |
| 54 | La Tuque* | 47 | 24 | 35 | 72 | 47 | 20 | 5000 |
| 55 | Lac à la Perchaude | 46 | 37 | 21 | 72 | 50 | 45 | 2200 |
| 56 | Lac à la Tortue | 46 | 37 | 22 | 72 | 37 | 55 | 3000/2000 |
| 57 | Lac Etchemin | 46 | 24 | 26 | 70 | 30 | 05 | 2400 |
| 58 | Lachute | 45 | 38 | 20 | 74 | 22 | 11 | 4000 |
| 59 | L'Assomption | 45 | 49 | 23 | 73 | 27 | 38 | 2500 |
| 60 | Lebel-sur-Quévillon* | 49 | 01 | 49 | 77 | 01 | 02 | 3712 |
| 61 | Lennoxville | 45 | 21 | 12 | 71 | 51 | 45 | 1400 |
| 62 | Les Cedres | 45 | 20 | 51 | 74 | 04 | 36 | 3000 |
| 63 | Louiseville | 46 | 14 | 46 | 72 | 54 | 16 | 3000 |
| 64 | Maniwaki* | 46 | 16 | 28 | 75 | 59 | 24 | 5000 |
| 65 | Mansonville | 45 | 01 | 35 | 72 | 24 | 07 | 2800 |
| 66 | Mascouche | 45 | 43 | 07 | 73 | 35 | 53 | 1800 |
| 67 | Matagami* | 49 | 45 | 42 | 77 | 48 | 10 | 5000 |
| 68 | Matane* | 48 | 51 | 25 | 67 | 27 | 12 | 5500 |
| 69 | Mirabel* | 45 | 40 | 47 | 74 | 02 | 19 | 12000/12000 |
| 70 | Miramichi* | 47 | 00 | 28 | 65 | 26 | 57 | 5899 |
| 71 | Mont Laurier* | 46 | 33 | 52 | 75 | 34 | 40 | 4000 |
| 72 | Mont-Joli* | 48 | 36 | 31 | 68 | 12 | 29 | 6000/4000 |
| 73 | Montmagny | 47 | 00 | 05 | 70 | 30 | 57 | 3000 |
| 74 | Mont-Tremblant | 46 | 09 | 15 | 74 | 35 | 01 | 3300 |
| 75 | Mount Pleasant | 46 | 35 | 52 | 64 | 00 | 18 | 3136/3000 |
| 76 | Natashquan* | 50 | 11 | 23 | 61 | 47 | 21 | 4500 |
| 77 | Nemiscau* | 51 | 41 | 27 | 76 | 08 | 06 | 5000 |
| 78 | Pabok* | 48 | 22 | 59 | 64 | 33 | 53 | 4000 |

| No. | Nom | Latitude N | | | Longitude O | | | Longueur piste [pieds] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Dég | Min | Sec | Dég | Min | Sec | |
| 79 | Parent* | 47 | 55 | 55 | 74 | 36 | 29 | 2975 |
| 80 | Pokemouche* | 47 | 42 | 59 | 64 | 52 | 57 | 3000 |
| 81 | Port-Menier* | 49 | 50 | 11 | 64 | 17 | 19 | 4886 |
| 82 | Poste Montagnais* | 51 | 53 | 19 | 65 | 42 | 54 | 4025 |
| 83 | Povungnituk* | 60 | 03 | 02 | 77 | 17 | 13 | 5013 |
| 84 | Quaqtaq* | 61 | 02 | 48 | 69 | 37 | 01 | 3520 |
| 85 | Québec* | 46 | 47 | 38 | 71 | 23 | 38 | 9000/5700 |
| 86 | Richelieu | 45 | 26 | 52 | 73 | 14 | 03 | 2600 |
| 87 | Rimouski* | 48 | 28 | 41 | 68 | 29 | 49 | 4600 |
| 88 | Rivière du Loup* | 47 | 45 | 52 | 69 | 35 | 05 | 6000 |
| 89 | Rivière Ouelle* | 47 | 26 | 42 | 69 | 58 | 46 | 3100 |
| 90 | Roberval* | 48 | 31 | 12 | 72 | 15 | 56 | 5000 |
| 91 | Rougemont | 45 | 26 | 18 | 73 | 02 | 16 | 2200 |
| 92 | Rouyn* | 48 | 12 | 24 | 78 | 50 | 02 | 7485 |
| 93 | Salluit* | 62 | 10 | 45 | 75 | 40 | 01 | 3500 |
| 94 | Schefferville* | 54 | 48 | 20 | 66 | 48 | 21 | 5000 |
| 95 | Senneterre | 48 | 20 | 26 | 77 | 10 | 52 | 4000 |
| 96 | Sept-Îles* | 50 | 13 | 27 | 66 | 15 | 58 | 6552/5771 |
| 97 | Sherbrooke* | 45 | 26 | 17 | 71 | 41 | 26 | 6000 |
| 98 | Sorel | 45 | 58 | 49 | 73 | 02 | 32 | 4000 |
| 99 | Stanhope | 45 | 00 | 56 | 71 | 47 | 40 | 2000 |
| 100 | St-Anselme | 46 | 37 | 19 | 70 | 57 | 18 | 1750 |
| 101 | Stanstead | 45 | 02 | 04 | 72 | 02 | 06 | 2600 |
| 102 | St-Augustin* | 51 | 12 | 42 | 58 | 39 | 30 | 4590 |
| 103 | St-Basile | 46 | 47 | 01 | 71 | 49 | 35 | 2000 |
| 104 | St-Bruno-de-Guigues* | 47 | 26 | 57 | 79 | 25 | 05 | 4489 |
| 105 | St-Dominique | 45 | 37 | 57 | 72 | 49 | 08 | 1950 |
| 106 | St-Donat | 46 | 18 | 21 | 74 | 11 | 53 | 2400 |
| 107 | Ste-Agnès-de-Dundee | 45 | 02 | 51 | 74 | 20 | 36 | 1800 |
| 108 | Ste-Anne-des-Monts* | 49 | 07 | 13 | 66 | 31 | 45 | 3977 |
| 109 | Ste-Julienne | 45 | 56 | 27 | 73 | 43 | 26 | 2100 |
| 110 | Ste-Lucie-de-Beauregard | 46 | 44 | 27 | 70 | 01 | 57 | 1800 |
| 111 | St-Ferdinand | 46 | 07 | 34 | 71 | 32 | 10 | 3000 |
| 112 | St-Frédéric* | 46 | 19 | 53 | 70 | 57 | 48 | 1800 |
| 113 | St-Gabriel-de-Brandon | 46 | 20 | 32 | 73 | 23 | 20 | 2000 |
| 114 | St-Georges* | 46 | 05 | 52 | 70 | 42 | 45 | 5108 |
| 115 | St-Honoré* | 48 | 31 | 17 | 71 | 03 | 06 | 6087/3734/3769 |
| 116 | St-Hubert* | 54 | 31 | 03 | 73 | 25 | 01 | 7840/3920/2800 |
| 117 | St-Hyacynthe | 45 | 36 | 18 | 73 | 00 | 51 | 3800 |
| 118 | St-Jean* | 45 | 17 | 40 | 73 | 16 | 52 | 4000/2765/2474 |
| 119 | St-Jean Chrysostome | 46 | 41 | 07 | 71 | 09 | 06 | 2500 |
| 120 | St-Jovite | 46 | 09 | 15 | 74 | 35 | 01 | 3300 |
| 121 | St-Lambert-de-Lévis | 46 | 33 | 37 | 71 | 10 | 57 | 2600 |
| 122 | St-Lazare | 45 | 23 | 33 | 74 | 08 | 03 | 2825/2275 |
| 123 | St-Louis-de-France | 46 | 26 | 12 | 72 | 37 | 49 | 2300 |
| 124 | St-Mathias | 45 | 30 | 03 | 73 | 14 | 30 | 2000 |
| 125 | St-Mathieu-de-Beloeil | 45 | 35 | 24 | 73 | 14 | 19 | 2200 |
| 126 | St-Michel-des-Saints | 46 | 40 | 51 | 73 | 59 | 37 | 3000 |

| No. | Nom | Latitude N | | | Longitude O | | | Longueur piste |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Dég | Min | Sec | Dég | Min | Sec | [pieds] |
| 127 | St-Prosper | 46 | 12 | 47 | 70 | 29 | 48 | 2000 |
| 128 | St-Raymond | 46 | 53 | 42 | 71 | 47 | 09 | 2400 |
| 129 | St-Simon-de-Bagot | 45 | 40 | 52 | 72 | 49 | 42 | 2370 |
| 130 | St-Victor-de-Beauce | 46 | 07 | 06 | 70 | 53 | 21 | 2000 |
| 131 | Summerside* | 46 | 26 | 34 | 63 | 49 | 52 | 5861 |
| 132 | Tasiujaq* | 58 | 40 | 04 | 69 | 57 | 21 | 3519 |
| 133 | Tête-à-la-Baleine | 50 | 40 | 28 | 59 | 23 | 01 | 1640 |
| 134 | Thetford Mines* | 46 | 03 | 06 | 71 | 15 | 26 | 4500 |
| 135 | Trois-Rivières* | 46 | 21 | 01 | 72 | 40 | 46 | 6000 |
| 136 | Umiujaq* | 56 | 32 | 10 | 76 | 31 | 06 | 3500 |
| 137 | Val-d'Or* | 48 | 03 | 12 | 77 | 46 | 58 | 10000 |
| 138 | Valcartier | 46 | 54 | | 71 | 30 | | 3100 |
| 139 | Valcourt | 45 | 28 | 52 | 72 | 18 | 37 | 3750 |
| 140 | Valleyfield | 45 | 12 | 30 | 74 | 08 | 29 | 2800 |
| 141 | Victoriaville* | 46 | 06 | 46 | 71 | 55 | 44 | 4000 |
| 142 | Wabush* | 52 | 55 | 19 | 66 | 51 | 52 | 6000 |
| 143 | Waskaganish* | 51 | 28 | 25 | 78 | 45 | 29 | 3500/2000 |
| 144 | Wemindji* | 53 | 00 | 39 | 78 | 49 | 49 | 3510 |
| 145 | Weymontachie | 47 | 56 | 13 | 73 | 49 | 02 | 2500 |

## 4D.2 : Liste des autres aérodromes (146 à 176)

| No. | Nom | Latitude N | | | Longitude O | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Dég | Min | Sec | Dég | Min | Sec |
| 146 | Asbestos | 45 | 48 | | 71 | 59 | |
| 147 | Baskatong | 46 | 47 | | 75 | 53 | |
| 148 | Beloeil | 45 | 35 | | 73 | 14 | |
| 149 | Buckingham | 45 | 38 | | 75 | 24 | |
| 150 | Cape Jones | 54 | 38 | | 79 | 42 | |
| 151 | Casey | 47 | 56 | | 74 | 06 | |
| 152 | Chute St-Philippe | 46 | 40 | | 75 | 15 | |
| 153 | Deception | 62 | 07 | | 74 | 33 | |
| 154 | East Templeton | 45 | 30 | | 75 | 33 | |
| 155 | Esker Lake | 61 | 39 | | 74 | 40 | |
| 156 | Fort Georges | 53 | 49 | | 79 | 00 | |
| 157 | Gagnon | 51 | 57 | | 68 | 08 | |
| 158 | Howik | 45 | 12 | | 73 | 53 | |
| 159 | Lac des Loups | 46 | 59 | | 76 | 29 | |
| 160 | Lac Eon | 51 | 51 | | 63 | 17 | |
| 161 | Laforge-1 | 54 | 06 | | 72 | 32 | |
| 162 | Manicouagan | 50 | 39 | | 68 | 50 | |
| 163 | Megantic | 45 | 35 | 17 | 70 | 52 | 18 |
| 164 | Mile 36 | 50 | 35 | | 66 | 02 | |
| 165 | Mile 80 | 51 | 10 | | 65 | 43 | |

| No. | Nom | Latitude N | | | Longitude O | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Dég | Min | Sec | Dég | Min | Sec |
| 166 | Mile 134 | 51 | 52 | | 65 | 43 | |
| 167 | Murdockville | 48 | 57 | | 65 | 22 | |
| 168 | Opinaca | 52 | 13 | | 76 | 36 | |
| 169 | Oriskany | 47 | 29 | | 73 | 39 | |
| 170 | Port Cartier | 50 | 03 | | 66 | 53 | |
| 171 | Purtunik | 61 | 49 | | 73 | 57 | |
| 172 | Réservoir Gouin | 48 | 28 | | 74 | 40 | |
| 173 | Sorel | 46 | 04 | | 72 | 59 | |
| 174 | Ste-Croix | 46 | 38 | | 71 | 48 | |
| 175 | Trinity Bay | 49 | 24 | | 67 | 19 | |
| 176 | Waco | 51 | 23 | | 65 | 38 | |

## 4D.3 : Liste des aérodromes privés (177 à 198)

| No. | Nom | Latitude N | | | Longitude O | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Dég | Min | Sec | Dég | Min | Sec |
| 177 | Camps Indien | 55 | 28 | 52 | 76 | 15 | 58 |
| 178 | Caniapiscau | 54 | 50 | | 69 | 50 | |
| 179 | Chute des Passes | 49 | 54 | | 71 | 15 | |
| 180 | Grande Baleine | 54 | 56 | | 74 | 50 | |
| 181 | Lac à l'Eau Claire | 56 | 17 | 26 | 74 | 18 | 54 |
| 182 | Lac Bienville | 54 | 58 | | 73 | 08 | |
| 183 | Lac Kakia (Tuttullik) | 56 | 56 | 46 | 75 | 55 | 06 |
| 184 | Lac Minto 1 | 57 | 21 | 28 | 75 | 17 | 08 |
| 185 | Lac Minto 2 | 57 | 10 | 36 | 75 | 07 | 02 |
| 186 | Lac Minto 4 | 57 | 09 | 30 | 74 | 45 | 22 |
| 187 | Lac Natwakupaw | 56 | 40 | 28 | 75 | 07 | 10 |
| 188 | Manic 1 | 49 | 11 | 04 | 68 | 21 | 45 |
| 189 | Maricourt | 56 | 31 | 50 | 71 | 03 | 50 |
| 190 | Mollet | 55 | 40 | 00 | 74 | 32 | 00 |
| 191 | Nitchiquon | 53 | 10 | | 70 | 40 | |
| 192 | Poitra | 55 | 27 | 00 | 64 | 30 | 00 |
| 193 | Rivière Bell | 49 | 04 | | 62 | 14 | |
| 194 | Rivière Ssaumon | 49 | 24 | | 62 | 18 | |
| 195 | Terrain Plat | 56 | 41 | 34 | 75 | 24 | 26 |
| 196 | Tuktu | 55 | 34 | 00 | 64 | 38 | 50 |
| 197 | Wedge Hill | 57 | 10 | | 65 | 22 | |
| 198 | Whale River | 56 | 56 | | 66 | 37 | |

## 4D.4 : Liste des campements (199 à 250)

| No. | Nom | Latitude N | | | Longitude O | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Dég | Min | Sec | Dég | Min | Sec |
| 199 | Arbique | 56 | 09 | | 71 | 48 | |
| 200 | Asmery | 55 | 15 | | 63 | 52 | |
| 201 | Audiepure | 55 | 41 | | 63 | 58 | |
| 202 | Beaupré | 55 | 12 | | 63 | 37 | |
| 203 | Bobby's Camp | 57 | 42 | | 71 | 33 | |
| 204 | Boreal | 55 | 58 | 48 | 70 | 23 | 38 |
| 205 | Bravo | 55 | 42 | 22 | 72 | 22 | 14 |
| 206 | Chapiteau | 55 | 24 | | 63 | 45 | |
| 207 | Charly | 55 | 36 | 30 | 71 | 05 | 12 |
| 208 | Delta | 55 | 07 | | 67 | 56 | |
| 209 | Denphy ll | 56 | 06 | | 67 | 39 | |
| 210 | Dunphy 1 | 56 | 40 | | 67 | 46 | |
| 211 | Echo | 55 | 53 | 57 | 69 | 09 | 36 |
| 212 | Foxtrot | 55 | 34 | 00 | 68 | 56 | 20 |
| 213 | Ikirtuuq | 57 | 40 | | 71 | 20 | |
| 214 | India | 55 | 46 | 05 | 69 | 00 | 55 |
| 215 | Inukshuk | 57 | 45 | 13 | 72 | 30 | 06 |
| 216 | Juliet | 56 | 04 | 26 | 69 | 50 | 26 |
| 217 | Kama | 55 | 36 | 21 | 72 | 01 | 23 |
| 218 | Kilo | 55 | 31 | 32 | 71 | 51 | 47 |
| 219 | Lac Pau | 54 | 50 | 12 | 69 | 53 | 22 |
| 220 | Lake delay | 56 | 13 | 04 | 70 | 52 | 42 |
| 221 | Lake Fidelity | 57 | 38 | | 70 | 53 | |
| 222 | Lake Fremin | 56 | 09 | 13 | 71 | 21 | 31 |
| 223 | Lake Nullualuk | 57 | 52 | | 70 | 47 | |
| 224 | Lake Simon | 56 | 34 | 16 | 70 | 51 | 50 |
| 225 | Leaf River | 57 | 55 | | 72 | 58 | |
| 226 | Lima | 55 | 42 | 12 | 71 | 44 | 16 |
| 227 | Lodge Explo | 55 | 48 | 07 | 69 | 13 | 47 |
| 228 | Lodge Twin | 56 | 35 | 50 | 70 | 40 | 20 |
| 229 | Loquin | 56 | 47 | | 66 | 42 | |
| 230 | Maricourt Lodge | 56 | 31 | 14 | 71 | 04 | 39 |
| 231 | Messaiger | 55 | 25 | | 67 | 08 | |
| 232 | Mike | 55 | 36 | 50 | 70 | 05 | 06 |
| 233 | Morel | 56 | 42 | | 66 | 50 | |
| 234 | November | 55 | 54 | 13 | 71 | 30 | 43 |
| 235 | Oscar | 55 | 45 | 13 | 71 | 09 | 18 |
| 236 | Outardes | 56 | 31 | 50 | 69 | 25 | 94 |
| 237 | Payne Bay | 59 | 59 | 35 | 70 | 39 | |
| 238 | Petite Baleine | 55 | 47 | 30 | 72 | 37 | 29 |
| 239 | Ramusio | 55 | 06 | | 63 | 42 | |
| 240 | Raude | 55 | 15 | | 64 | 16 | |
| 241 | Retty | 55 | 15 | | 66 | 13 | |
| 242 | Sir James | 55 | 55 | 17 | 70 | 23 | 08 |
| 243 | Trophy Lake | 57 | 53 | | 71 | 02 | |

| No. | Nom | Latitude N | | | Longitude O | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Dég | Min | Sec | Dég | Min | Sec |
| 244 | Tuksukatuk | 59 | 31 | 30 | 77 | 36 | 00 |
| 245 | Tunulik II | 58 | 27 | 50 | 66 | 34 | 45 |
| 246 | Victor | 55 | 33 | 09 | 70 | 02 | 58 |
| 247 | Whale River | 56 | 56 | | 66 | 37 | |
| 248 | Willie's Camp | 57 | 29 | | 70 | 30 | |
| 249 | Wisky | 55 | 46 | 22 | 69 | 20 | 34 |
| 250 | Yankee | 56 | 34 | 54 | 68 | 49 | 37 |

# ANNEXE 5A

## *Questionnaire pour les opérateurs / utilisateurs*
## *Questionnaire for users and operators*

Je vous prie de compléter et de retourner ce questionnaire à l'adresse suivante :
*Please complete and return this questionnaire to the following address :*


A) Par courrier / *By Mail* : A / To : **A. A. Lakis, Prof.**
Dept. of Mechanical Eng.
École Polytechnique
P.O.B. 6079 STN: C.V., Montréal, Qc, Canada
H3C 3A7
Tél / Phone: (514) 340-4711 (4906)

ou / or

B) Par Courriel / *by E-mail* : **aouni.lakis@polymtl.ca**

ou / or

C) Par / *by Fax* : **(514) 340-4176** attn.: A. LAKIS, Prof.


---

**Nom/*Name* :** ______________________________
**Titre/*Position* :** ______________________________
**Compagnie/*Company* :** ______________________________
**Téléphone/*Phone* :** ______________________________

---

**Caractéristiques / *Characteristics* :**

**1. Catégorie d'aéronef utilisé**
***Category of aircraft in use***

**Monomoteur / *One engine***
- Pistons ☐
- Turbine ☐

**Bimoteur / *Two-engines***
- Pistons ☐
- Turbine ☐

**2. Type d'aéronef utilisé / nombre**
***Type of aircraft in use / quantity***

C 208 ☐ _____
PC-12 ☐ _____
TBM 700 ☐ _____
PA 46 ☐ _____

PA-31 – 310 ☐ _____
PA-31 – 350 ☐ _____
BE 100 ☐ _____

**3. a) Par rapport aux limites stipulées dans le P.O.H. de votre/vos appareil(s), avez-vous expérimenté certaines difficultés opérationnelles quant aux systèmes et équipements à bord ?**
***With respect to all limitations cited in the P.O.H. of your aircraft, did you experience any operational difficulties with the equipment and/or systems on board?***

Oui / *Yes* ☐ Non / *No* ☐

**b) Si oui, lesquels?**
***If yes, which one?***

| | | aéronef / *aircraft* |
|---|---|---|
| - moteur / | *engine* | ☐ ______ |
| - instruments de vol / | *flights instruments* | ☐ ______ |
| - NAVAID | | ☐ ______ |
| - radio comm. | | ☐ ______ |
| - ventilation/ chauffage/ | *heating / ventilation* | ☐ ______ |
| - pressurisation / | *pressurization* | ☐ ______ |
| - contrôles / | *controls* | ☐ ______ |
| - train d'atterrissage / | *landing gear* | ☐ ______ |

**Commentaires / *Comments*** :

________________________________________________________

________________________________________________________

________________________________________________________

________________________________________________________

**4. Sécurité / Flight Safety**

**Y a-t-il des éléments particuliers à signaler concernant la sécurité en IMC? SVP compléter le tableau suivant. / *Do you have any particular concerns about flight safety in IMC? Please complete the following table:***

| Conditions | Cessna Caravan 208/208B | Pilatus PC-12 | Piper Navajo PA-31-350 | Raytheon Beechcraft King Air 100 | Socata TBM 700 |
|---|---|---|---|---|---|
| Décollage/ *Take- off* | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) |
| En route | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) |
| Atterrissage / *Landing* | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) |
| Temps froid / *Cold Weather* | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) |
| Régions éloignées / *Remote area* | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) |

( ) = Nombre / *Number of occurrences*

5. a) **Par rapport aux limites stipulées dans le P.O.H. de votre/vos appareil(s), avez-vous éprouvé certaines difficultés opérationnelles ou écarts quant aux performances décrites?**
***With respect to all limitations cited in the P.O.H. of your aircraft, did you experience any operational difficulties or discrepancies with the performances described in your P.O.H?***

Oui / *Yes* ☐ Non / *No* ☐

b) **Si oui, à quel niveau?** **aéronefs /**
***If yes, at which level?*** ***aircraft's***

- par temps très froid / *cold weather* ☐ __________
- par temps très chaud / *hot weather* ☐ __________
- sur un moteur / *on an engine* ☐ __________
- en condition de givrage / *in icing condition* ☐ __________
- à haute altitude / *at high altitude* ☐ __________
- à basse altitude / *at low altitude* ☐ __________
- au décollage / *take- off* ☐ __________
- à l'atterrissage / *landing* ☐ __________

6. a) **Avez-vous éprouvé certaines difficultés opérationnelles avec votre équipement radio(nav / com)?**
***Did you experience any operational difficulties with your radio*** **(nav / com)** ***equipment*****?**

Oui / *Yes* ☐ Non / *No* ☐

**b) Si oui, à quel niveau?** **aéronefs /**
***If yes, at which level?*** ***aircraft's***

- par temps froid / *cold weather* ☐ ___________
- par temps chaud / *hot weather* ☐ ___________
- en condition de givrage / *in icing condition* ☐ ___________
- avec un (with a) GPU ☐ ___________
- en situation d'urgence / in emergency ☐ ___________

7. **Pour une opération commerciale (703-704), un <u>monomoteur à turbine</u> représente-t-il un risque plus élevé ou moins élevé qu'un <u>bimoteur à turbine</u>?**
***In commercial flight (703-704), does a <u>single-engine turboprop</u> represent a higher or a lower risk than a <u>twin-engine turboprop</u>?***

Moins élevé / *Lower* ☐ Même / *Same* ☐ Plus élevé / *Higher* ☐

***Pourquoi? / Why?***

_______________________________________________
_______________________________________________
_______________________________________________

8. **Pour une opération commerciale (703-704), un <u>monomoteur à turbine</u> représente-t-il un risque plus élevé ou moins élevé que le <u>bimoteur à piston</u>?**
***In commercial flight (703-704), does a <u>single-engine turboprop</u> represent a higher or a lower risk than a <u>reciprocating twin-engine</u>?***

Moins élevé / *Lower* ☐ Même / *Same* ☐ Plus élevé / *Higher* ☐

***Pourquoi? / Why?***

______________________________________________________
______________________________________________________
______________________________________________________
______________________________________________________

9. **Selon votre expérience, le <u>Pilatus PC-12</u> peut-il remplacer avantageusement un bimoteur comme le <u>King Air 100 ou 200</u> dans tous les types de missions (703-704), même en régions éloignées (i.e. au nord du 50e parallèle) avec peu d'aéroports de dégagements et peu de balises de navigation au sol ?**
***In your opinion, could the <u>PC-12</u> replace, advantageously a twin-engine turboprop (i.e. <u>King Air 100 or 200</u>) in all types of missions*(703-704)*, even in remote areas (i.e. in cold weather or at the north of the 50th parallel) where alternatives airports and NAVAID are scarce?***

Oui / *Yes* ☐ Non / *No* ☐

***Pourquoi? / Why?***

______________________________________________________
______________________________________________________
______________________________________________________
______________________________________________________
______________________________________________________
______________________________________________________
______________________________________________________
______________________________________________________
______________________________________________________
______________________________________________________
______________________________________________________
______________________________________________________

*10.* ***Vos commentaires personnels sur les <u>monomoteurs à turbine</u> versus les <u>bimoteurs à turbine</u>.***
***Your personal opinion with respect to <u>one engine turboprop</u> versus <u>two engine turboprop</u>.***

______________________________________________________
______________________________________________________

## ANNEXE 5A

### *Questionnaire pour les opérateurs / utilisateurs*
### *Questionnaire for users and operators*

Je vous prie de compléter et de retourner ce questionnaire à l'adresse suivante :
*Please complete and return this questionnaire to the following address :*


A) Par courrier / *By Mail* : A / To : **A. A. Lakis, Prof.**
Dept. of Mechanical Eng.
École Polytechnique
P.O.B. 6079 STN: C.V., Montréal, Qc,
Canada
H3C 3A7
Tél / Phone: (514) 340-4711 (4906)

ou / or

B) Par Courriel / *by E-mail* : **aouni.lakis@polymtl.ca**

ou / or

C) Par / *by Fax* : **(514) 340-4176** attn.: A. LAKIS, Prof.


---

**Nom/*Name* :** ______________________________
**Titre/*Position* :** ______________________________
**Compagnie/*Company* :** ______________________________
**Téléphone/*Phone* :** ______________________________

---

**Caractéristiques / *Characteristics* :**

**1. Catégorie d'aéronef utilisé**
***Category of aircraft in use***

**Monomoteur / *One engine***
- Pistons ☐
- Turbine ☐

**Bimoteur / *Two-engines***
- Pistons ☐
- Turbine ☐

**2. Type d'aéronef utilisé / nombre**
***Type of aircraft in use / quantity***

C 208 ☐ _____
PC-12 ☐ _____
TBM 700 ☐ _____
PA 46 ☐ _____

PA-31 – 310 ☐ _____
PA-31 – 350 ☐ _____
BE 100 ☐ _____

3. a) **Par rapport aux limites stipulées dans le P.O.H. de votre/vos appareil(s), avez-vous expérimenté certaines difficultés opérationnelles quant aux systèmes et équipements à bord ?**
***With respect to all limitations cited in the P.O.H. of your aircraft, did you experience any operational difficulties with the equipment and/or systems on board?***

Oui / *Yes* ☐ Non / *No* ☐

b) **Si oui, lesquels?**
***If yes, which one?***

| | | aéronef / *aircraft* |
|---|---|---|
| - moteur / | *engine* | ☐ _____ |
| - instruments de vol / | *flights instruments* | ☐ _____ |
| - NAVAID | | ☐ _____ |
| - radio comm. | | ☐ _____ |
| - ventilation/ chauffage/ | *heating / ventilation* | ☐ _____ |
| - pressurisation / | *pressurization* | ☐ _____ |
| - contrôles / | *controls* | ☐ _____ |
| - train d'atterrissage / | *landing gear* | ☐ _____ |

**Commentaires / *Comments*** :
_______________________________________________
_______________________________________________
_______________________________________________
_______________________________________________

4. **Sécurité / Flight Safety**
**Y a-t-il des éléments particuliers à signaler concernant la sécurité en IMC? SVP compléter le tableau suivant. / *Do you have any particular concerns about flight safety in IMC? Please complete the following table:***

| Conditions | Cessna Caravan 208/208B | Pilatus PC-12 | Piper Navajo PA-31-350 | Raytheon Beechcraft King Air 100 | Socata TBM 700 |
|---|---|---|---|---|---|
| Décollage/ *Take- off* | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) |
| En route | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) |
| Atterrissage / *Landing* | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) |
| Temps froid / *Cold Weather* | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) |
| Régions éloignées / *Remote area* | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) | ( ) |

( ) = Nombre / *Number of occurrences*

5. a) **Par rapport aux limites stipulées dans le P.O.H. de votre/vos appareil(s), avez-vous éprouvé certaines difficultés opérationnelles ou écarts quant aux performances décrites?**
***With respect to all limitations cited in the P.O.H. of your aircraft, did you experience any operational difficulties or discrepancies with the performances described in your P.O.H?***

Oui / *Yes* ☐ Non / *No* ☐

b) **Si oui, à quel niveau?** **aéronefs /**
***If yes, at which level?*** ***aircraft's***

- par temps très froid / *cold weather* ☐ __________
- par temps très chaud / *hot weather* ☐ __________
- sur un moteur / *on an engine* ☐ __________
- en condition de givrage / *in icing condition* ☐ __________
- à haute altitude / *at high altitude* ☐ __________
- à basse altitude / *at low altitude* ☐ __________
- au décollage / *take- off* ☐ __________
- à l'atterrissage / *landing* ☐ __________

6. a) **Avez-vous éprouvé certaines difficultés opérationnelles avec votre équipement radio(nav / com)?**
***Did you experience any operational difficulties with your radio* (nav / com) *equipment*?**

Oui / *Yes* ☐ Non / *No* ☐

**b) Si oui, à quel niveau?** **aéronefs /**
***If yes, at which level?*** ***aircraft's***

- par temps froid / *cold weather* ☐ ___________
- par temps chaud / *hot weather* ☐ ___________
- en condition de givrage / *in icing condition* ☐ ___________
- avec un (with a) GPU ☐ ___________
- en situation d'urgence / in emergency ☐ ___________

7. **Pour une opération commerciale (703-704), un <u>monomoteur à turbine</u> représente-t-il un risque plus élevé ou moins élevé qu'un <u>bimoteur à turbine</u>?**
***In commercial flight (703-704), does a <u>single-engine turboprop</u> represent a higher or a lower risk than a <u>twin-engine turboprop</u>?***

Moins élevé / *Lower* ☐ Même / *Same* ☐ Plus élevé / *Higher* ☐

***Pourquoi? / Why?***

______________________________________________________________

______________________________________________________________

______________________________________________________________

8. **Pour une opération commerciale (703-704), un <u>monomoteur à turbine</u> représente-t-il un risque plus élevé ou moins élevé que le <u>bimoteur à piston</u>?**
***In commercial flight (703-704), does a <u>single-engine turboprop</u> represent a higher or a lower risk than a <u>reciprocating twin-engine</u>?***

Moins élevé / *Lower* ☐ Même / *Same* ☐ Plus élevé / *Higher* ☐

***Pourquoi? / Why?***

____________________________________________
____________________________________________
____________________________________________
____________________________________________

9. **Selon votre expérience, le <u>Pilatus PC-12</u> peut-il remplacer avantageusement un bimoteur comme le <u>King Air 100 ou 200</u> dans tous les types de missions (703-704), même en régions éloignées (i.e. au nord du 50^e^ parallèle) avec peu d'aéroports de dégagements et peu de balises de navigation au sol ?**
***In your opinion, could the <u>PC-12</u> replace, advantageously a twin-engine turboprop (i.e. <u>King Air 100 or 200</u>) in all types of missions*(703-704)*, even in remote areas (i.e. in cold weather or at the north of the 50^th^ parallel) where alternatives airports and NAVAID are scarce?***

Oui / *Yes* ☐ Non / *No* ☐

***Pourquoi? / Why?***

____________________________________________
____________________________________________
____________________________________________
____________________________________________
____________________________________________
____________________________________________
____________________________________________
____________________________________________
____________________________________________
____________________________________________
____________________________________________
____________________________________________

*10.* ***Vos commentaires personnels sur les <u>monomoteurs à turbine</u> versus les <u>bimoteurs à turbine</u>.***
***Your personal opinion with respect to <u>one engine turboprop</u> versus <u>two engine turboprop</u>.***

____________________________________________
____________________________________________

# ANNEXE 7A

## LISTE DES QUESTIONS COMPLÉMENTAIRES CONCERNANT LE RAPPORT DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

### 7.1 Volet «Homologation et certification»

7.1.1 Au point 2.2.2 concernant le SEIFR et l'aviation corporative (pages 2.8 et aussi 2.17), on retrouve 3 notions différentes à savoir, les services aériens commerciaux, l'aviation corporative et l'aviation privée. Peut-on connaître les motifs pour lesquels les normes canadiennes sont moins restrictives pour l'aviation corporative et privée que pour les services aériens commerciaux? Quelles conclusions doit-on en tirer eu égard aux opérations de nolisement du SAG?

7.1.2 En ce qui concerne les exigences SEIFR proposées par les autorités européennes de l'aviation (JAA), est-il possible d'affirmer que le Pilatus PC-12 les satisfait toutes, telles que répertoriées aux pages 2.12 et 2.13 (alinéa (a) à l'alinéa (v)). Dans la négative, pouvez-vous nous donner une appréciation en regard des exigences non rencontrées par le Pilatus PC-12?

7.1.3 Dans la section 2.7.1.1 (page 2.20), on affirme que « l'autorisation SEIFR accordée aux monomoteurs turbopropulsés, régis par le dernier FAR 23 en date, est fondée sur la certitude que ces appareils offrent un degré de sécurité équivalent à celui des multimoteurs certifiés selon le RAC 3 ou les premières versions du FAR 23 ». Pouvez-vous justifier l'emploi du mot « certitude »?

7.1.4 Au point 2.7.1.2, il est difficile de comprendre en quoi l'exploitation SEIFR apparaît être une alternative sécuritaire sous l'angle statistique. Pouvez-vous expliciter davantage?

## 7.2 Volet « Statistiques »

7.2.1 Un des éléments majeurs à l'appui de la décision du Secrétariat du Conseil du trésor arrêtée en 2002 à l'effet de maintenir son orientation en faveur des appareils de type bimoteur était l'état embryonnaire des statistiques disponibles, rejoignant en cela la position d'Hydro-Québec (voir page 1.5). Or, à plusieurs endroits dans le rapport (pages 4.22, 4.23, 4.32 et 4.36) on fait état soit de faibles échantillons (nombre d'aéronefs ou nombre d'heures de vol cumulées), soit de séquences historiques courtes (1999 à 2002, 1992 à 1996, etc.), soit encore de la difficulté à obtenir des données homogènes.

7.2.1.A Comment, dans ces circonstances, réconcilier la faiblesse relative données statistiques, utilisables avec un portrait juste et fiable des garanties de sécurité qu'elles nous présentent?

7.2.1.B Sur quelles bases peut-on affirmer en 2003 que les statistiques concernant le Pilatus PC-12 ne peuvent plus être qualifiées d'embryonnaires? Autrement dit, a-t-on raison de faire valoir, quand on évalue les risques relatifs a l'utilisation du Pilatus PC-12, que la séquence statistique demeure pour l'instant limitée?

7.2.2 Aux tableaux 4.2 (page 4.7) et 4.5 (page 4.24), des données en chiffres absolus sont citées. Le portrait de ces deux situations différerait-il si ces données étaient pondérées sur la base du nombre d'aéronefs en circulation ou du nombre d'heures de vol cumulées par ceux-ci?

7.2.3 Dispose-t-on de données statistiques relatives aux accidents de bimoteurs lorsqu'il y a perte d'un moteur en vol et que le pilote n'arrive pas à maîtriser la situation et à se poser sans accident (page 4.6)? Si oui, pouvez-vous en fournir quelques-unes?

7.2.4 En prenant pour hypothèse qu'un appareil de type Pilatus PC-12 effectue des vols réguliers entre Montréal et Kuujjuaq à raison de 2 500 heures par année, quelle est la probabilité qu'il subisse un arrêt moteur imprévisible en vol à palier? Quelle est la probabilité qu'il se situe à ce

moment-là, à une distance qui ne lui permet pas de se poser sans problème sur un aéroport de sécurité?

## 7.3 Volet « Environnement opérationnel et gestion des risques »

- En situation de nolisement, le SAG n'a que peu de contrôle sur l'entretien des appareils loués et sur les opérations d'un transporteur privé avec lequel il fait affaire.
    - Dans un tel contexte, quelles sont les garanties concrètes offertes par *le Règlement sur l'aviation civile* (RAC), sachant que certaines dispositions de ce règlement (703.22) sont plus contraignantes pour les appareils approuvés SEIFR que pour les multimoteurs (page 2.17)?
    - Ces contraintes portent-elles uniquement sur les équipements, les caractéristiques techniques et la formation des pilotes ou incluent-elles aussi les aspects relatifs à l'entretien de l'appareil?
    - Comment concilier la précédente affirmation avec celle de la page 2.18 qui rappelle que le RAC n'impose pas d'exigences d'entretien supplémentaires aux avions approuvées SEIFR?
    - Enfin, parmi l'ensemble des considérations qui ont été examinées, quelles sont celles qui vous amènent à conclure que le SAG n'a pas à formuler d'exigences particulières concernant la surveillance des tendances moteurs?

7.3.1 Eu égard à l'environnement opérationnel suggéré par la FAA (page 4.40), notamment la surveillance des tendances des paramètres moteurs, quel serait le meilleur moyen à la disposition du SAG pour appliquer ces considérations compte tenu, tel que mentionné ;à la page 4.45, que la gestion du risque implique que l'on s'intéresse non seulement à la fiabilité et aux performances d'un aéronef, mais aussi à l'opérateur et à la façon de gérer sa flotte et son personnel de pilotes.

7.3.2 Qu'entend-on par l'énoncé *« Finalement, ces recommandations sont*

*aussi valables pour tout autre territoire. »* qu'on retrouve à la page 6.8?

7.3.3 Par rapport à la liste des aéroports répertoriés, les conclusions seraient-elles les mêmes au sud et au nord du 50e parallèle, si on utilisait seulement les aéroports répertoriés qui sont déneigés 7 jours/semaine et dont la longueur de la piste est d'au moins 1 000 pieds? Si non, les risques sont-ils acceptables?

7.3.4 En cas de panne moteur, comment un pilote de PC-12 détermine-t-il l'aéroport qui est le plus favorable à un atterrissage et l'approche qui doit être utilisée pour y atterrir?

7.3.5 En cas de panne moteur, quels sont les risques associés au fait de devoir atterrir sur un aéroport qui n'est pas déneigé?

7.3.6 La recommandation relative au Cessna 208B Grand Caravan vaut-elle aussi bien pour le sud que pour le nord du 50e parallèle?

## 7.4 Autres questions ou observations

7.4.1 Plusieurs endroits dans le texte (voir pages 1.5, 1.6, 2.6, 2.10, 3.1, 3.10 et 3.20), on fait référence à des dates de certification ou d'homologation différentes, que ce soit pour l'introduction des vols commerciaux SEIFR ou pour le Pilatus PC-12. Qu'en est-il exactement?

7.4.2 Bien qu'il soit certifié dans une catégorie différente (FAR 25) des autres appareils comparés, êtes-vous en mesure d'indiquer en quelle année le KING AIR 200 (page 3.9) est apparu sur le marché?